



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
ENFUNDADORA DE TIERRA PARA
SEMILLERO.”**

**ZÚÑIGA LÓPEZ EDISON ERNESTO
REMACHE MOROCHO EDGAR RODRIGO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2 011

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Marzo, 02 del 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ZÚÑIGA LÓPEZ EDISON ERNESTO

Titulada:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ENFUNDADORA DE TIERRA PARA SEMILLERO.”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

INGENIERO MECÁNICO

f) DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

f) DIRECTOR DE TESIS

f) ASESOR DE TESIS

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Marzo, 02 del 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

REMACHE MOROCHO EDGAR RODRIGO

Titulada:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ENFUNDADORA DE TIERRA PARA SEMILLERO.”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

INGENIERO MECÁNICO

f) DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

f) DIRECTOR DE TESIS

f) ASESOR DE TESIS

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: EDISON ERNESTO ZÚÑIGA LÓPEZ

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ENFUNDADORA DE TIERRA PARA SEMILLERO.”

Fecha de Examinación: Marzo, 02 del 2011

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. EDUARDO VÁSQUEZ B.			
ING. PABLO FIERRO			
ING. JOSÉ PAREDES			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

Espoch
Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: REMACHE MOROCHO EDGAR RODRIGO

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ENFUNDADORA DE TIERRA PARA SEMILLERO.”

Fecha de Examinación: Marzo, 02 del 2011

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA

ING. EDUARDO VÁSQUEZ B.			
ING. PABLO FIERRO			
ING. JOSÉ PAREDES			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Edison Ernesto Zúñiga López

f) Edgar Rodrigo Remache Morocho

AGRADECIMIENTO

A Dios por nunca abandonarnos y brindarnos siempre la sabiduría necesaria para lograr nuestros objetivos.

A nuestra familia que siempre está presente y consiente de todo el esfuerzo que día a día como estudiantes lo realizamos, llegando a ser un pilar fundamental de apoyo y sustento en nuestra vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

A nuestros profesores, amigos, compañeros y demás personas que nos apoyaron siempre de una u otra manera para culminar con éxito una etapa más en nuestra vida.

Edison Ernesto Zúñiga López

Edgar Rodrigo Remache Morocho

DEDICATORIA

Al inmenso esfuerzo, sacrificio y profundo amor de mis padres Gladis Fabiola López Pérez y José Ernesto Zúñiga Mosquera, ya que gracias a ellos me lleno de bendiciones incondicionales todos los días, para lograr cada una de mis metas durante mi vida.

Al inmensurable e incondicional apoyo de mis hermanos Verónica Alexandra y Marco Antonio Zúñiga López.

Al tierno cariño de mis sobrinos Adrian, Alexander, Dayana y Derlis que con su inocente amor me llenaron de fuerza y valor durante esta etapa de mi vida.

A todos y cada uno de mis compañeros y amigos de la escuela de ingeniería mecánica con quienes he compartido buenos y malos momentos.

Edison Ernesto Zúñiga López

A Dios por la sabiduría que me otorga para cumplir mis metas deseadas.

A mi padre Pedro Remache por el amor, sacrificio, paciencia y apoyo incondicional para lograr mi sueño y a mi madre Rosa Morocho que está en el cielo que es mi inspiración.

A mis hermanos: Fabián, Luis, Miryan, Gissel, Jared y a mi familia que supieron brindarme su amor y apoyo.

A mis profesores, compañeros y en especial a mis amigos del club +TURBA2 con quienes compartí mi vida estudiantil, social y deportiva. Con los mejores deseos de bienestar y triunfo.

Edgar Rodrigo Remache Morocho

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>		<u>PÁGINA</u>
1.	GENERALIDADES	
1.1	Introducción.....	1
1.2	Antecedentes.....	2
1.3	Justificación técnico-económica.....	2
1.4	Objetivos.....	4
1.4.1	Objetivo general.....	4
1.4.2	Objetivos específicos.....	4
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Aspectos generales.....	5
2.1.1	Selección de la especie.....	5
2.1.2	Semillas forestales.....	6
2.1.3	Tratamientos pregerminativos.....	6
2.2	Tipos de viveros.....	7
2.3	Selección del sitio.....	7
2.3.1	Factores a considerar al momento de establecer un vivero.....	7
2.4	Construcción del vivero.....	8
2.4.1	Áreas que se deben considerar para establecer el vivero.....	8
2.5	Proceso de trabajo en un vivero.....	9
2.5.1	Recepción y almacenamiento.....	9
2.5.2	Selección de semilleros.....	9
2.5.3	Germinadoras.....	9
2.5.3.1	Desinfección de las germinadoras.....	10
2.5.4	Llenado de fundas.....	10
2.5.5	Camas o tablonces.....	11
2.5.6	Siembra.....	11
2.5.7	Cuidados posterior a la siembra.....	12
2.6	Labores culturales.....	12
2.6.1	Riego.....	12
2.6.2	Fertilización.....	13
2.6.3	Control de arvenses.....	13
2.6.4	Control fitosanitario.....	13
2.6.5	Monitoreo periódico.....	14
2.6.6	Transporte al sitio de exhibición.....	14
2.7	Enfundadoras.....	15
2.7.1	Máquina enfundadora automática para líquidos.....	16
2.7.2	Máquina para llenar fundas plásticas con tierra para semilla.....	17
		9

2.7.3	Máquina dosificadora selladora.....	17
2.7.4	Máquina enfundadora artesanal.....	18
2.8	Mecanismo usado en el diseño de la máquina enfundadora y agrícolas.....	20
2.8.1	Biela-manivela / Excéntrica-biela.....	20
2.8.2	Trinquete.....	22
2.9	Resortes helicoidales de torsión.....	23

3. DISEÑO DE LA ENFUNDADORA

3.1	Parámetros de diseño.....	25
3.2	Determinación de la fuerza necesaria y suficiente para la sujetación de las fundas.....	25
3.2.1	Peso del sustrato.....	25
3.3	Presión de compactación.....	27
3.4	Fuerza de apisonamiento.....	28
3.5	Determinación de la deformación en la funda.....	28
3.5.1	Área de contacto con las varillas.....	29
3.6	Análisis de momentos.....	32
3.6.1	Momento máximo de torsión y flexión.....	32
3.6.2	Ubicación de centroides.....	33
3.6.3	Momentos del marco fijo analizado en su centroide.....	35
3.6.4	Momentos del marco fijo trasladado el peso W_1 a la distancia máxima en el eje Z.....	37
3.6.5	Momentos provocados en los marcos fijos y móviles analizado en su centroide.....	39
3.6.6	Momentos provocado por el tubo redondo.....	41
3.6.7	Momentos provocados por los ángulos y varillas.....	43
3.6.8	Momentos provocados por los ángulos, varillas y fundas plásticas llenas.....	45
3.6.9	Análisis total de momentos máximos de torsión y flexión.....	48
3.7	Diseño del eje principal.....	50
3.8	Diseño de los ejes extremos donde se realiza el acople con el eje principal.....	55
3.9	Diseño del mecanismo de apertura y retorno trinquete.....	60
3.9.1	Análisis de deformación de la funda plástica.....	62
3.9.2	Diseño de piñón.....	62
3.9.2.1	Determinación del diámetro y paso diametral del piñón.....	62
3.10	Selección de rodamientos y chumaceras.....	66
3.10.1	Análisis dinámico.....	67

3.10.2	Análisis estático.....	69
3.11	Selección del soporte o chumacera.....	69
3.12	Torque requerido para dar giro a la máquina.....	70
3.12.1	Torque mínimo requerido.....	70
3.13	Selección de resortes.....	72
3.13.1	Analizando a fatiga.....	73
3.13.2	Límite de fatiga.....	74
3.14	Diseño de resortes helicoidales de torsión para el sistema de apisonado.....	75
3.14.1	Condición de diseño.....	76
3.14.2	Esfuerzos de diseño.....	77
3.15	Selección de resortes helicoidales de torsión para el sistema de retención y retiro de las fundas plásticas.....	82
3.15.1	Condición de diseño.....	82
3.15.2	Análisis teórico y criterio de diseño.....	83
3.16	Diseño de la estructura.....	83
3.16.1	Descripción de la estructura.....	83
3.16.2	Geometría de la estructura.....	84
3.16.3	Cargas que actúan en la estructura.....	85
4.	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA ENFUNDADORA	
4.1	Componentes del equipo y tecnología de la construcción.....	88
4.2	Procedimiento de construcción.....	88
4.3	Construcción y montaje.....	89
4.3.1	Construcción de la enfundadora.....	89
4.3.1.1	Flujograma de construcción de las partes de la enfundadora.....	93
4.4	Montaje de la enfundadora.....	96
5.	MANTENIMIENTO Y COSTOS DE LA ENFUNDADORA	
5.1	Mantenimiento de la enfundadora.....	100
5.2	Análisis de costos para la enfundadora.....	101
5.2.1	Costos directos.....	101
5.2.2	Costo de materiales.....	102
5.2.3	Costo de mano de obra.....	103
5.2.4	Costos de equipos y herramientas.....	103
5.2.5	Costos por transporte de materiales.....	104
5.2.6	Costo total directo.....	104
5.2.7	Costos indirectos.....	104

5.2.8	Costos totales.....	105
6.	PRUEBAS DE LA ENFUNDADORA	
6.1	Plan de pruebas de funcionamiento.....	106
6.1.1	Colocación de las fundas plásticas.....	106
6.1.2	Llenado y apisonado de los sustratos.....	109
6.1.3	Retención y retiro de las fundas plásticas.....	111
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones.....	117
7.2	Recomendaciones.....	118
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		
BIBLIOGRAFÍA		
LINKOGRAFÍA		
ANEXOS		
PLANOS		

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
3.1 PESOS DEL SUSTRATO EN FUNDAS PLÁSTICAS DE DIFERENTES TAMAÑOS.....	26
3.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE SUSTRATO EN CADA FUNDA.....	28
3.3 DEFORMACIÓN DEL POLIETILENO EN FUNCIÓN DE LA FUERZA APLICADA.....	31
3.4 CENTROIDE DEL MARCO FIJO	34
3.5 CENTROIDE DEL MARCO FIJO Y MOVIL.....	34
4.1 PARTES CONSTRUCTIVAS DE LA ENFUNDADORA.....	88
4.2 TIEMPOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA ENFUNDADORA.....	90
4.3 MONTAJE DEL SISTEMA ESTRUCTURAL PARA LA BANCADA.....	96
4.4 MONTAJE DEL EJE PRINCIPAL DE TRANSMISIÓN.....	96
4.5 MONTAJE DEL SISTEMA DE APERTURA Y RETORNO.....	97
4.6 MONTAJE DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO ROTACIONAL DEL EJE PRINCIPAL.....	97
4.7 MONTAJE DEL SISTEMA DE RETENCIÓN Y RETIRO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS.....	98
4.8 MONTAJE DEL SISTEMA DE APISONADO.....	98
5.1 MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	100
5.2 DESIGNACIÓN DE VARIABLES DE TIEMPO.....	101
5.3 COSTO DE MATERIALES.....	102
5.4 COSTO DE MANO DE OBRA.....	103
5.5 COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	103
5.6 COSTO TOTAL DIRECTO.....	104
5.7 COSTOS INDIRECTOS.....	104
5.8 COSTO TOTAL INDIRECTO.....	104
5.9 COSTO TOTAL.....	105
5.10 COSTO TOTAL INCLUIDO IVA.....	105
6.1 PROMEDIO DE COLOCACIÓN DE LAS FUNDAS PLASTICAS DE 5x7 PULGADAS.....	107
6.2 NÚMERO TOTAL DE FUNDAS COLOCADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (5x7 PULGADAS).....	107
6.3 PROMEDIO DE COLOCACION DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 4x7 PULGADAS.....	108
6.4 NÚMERO TOTAL DE FUNDAS COLOCADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (4x7 PULGADAS).....	108
6.5 PROMEDIO DE COLOCACION DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE (4x9 PULGADAS).....	108
6.6 NÚMERO TOTAL DE FUNDAS COLOCADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (4x9 PULGADAS).....	109
6.7 PROMEDIO DE LLENADO Y APISONADO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE (5x7 PULGADAS).....	110

6.8	NÚMERO TOTAL DE FUNDAS LLENADAS Y APISONADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (5x7 PULGADAS).....	110
6.9	PROMEDIO DE LLENADO Y APISONADO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 4x7 PULGADAS.....	110
6.10	NÚMERO TOTAL DE FUNDAS LLENADAS Y APISONADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (4x7 PULGADAS).....	111
6.11	PROMEDIO DE LLENADO Y APISONADO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 4x9 PULGADAS.....	111
6.12	NÚMERO TOTAL DE FUNDAS LLENADAS Y APISONADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (4x7 PULGADAS).....	111
6.13	PROMEDIO DE RETENCIÓN Y RETIRO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 5x7 PULGADAS.....	112
6.14	NÚMERO TOTAL DE FUNDAS RETENIDAS Y RETIRADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (5x7 PULGADAS).....	113
6.15	PROMEDIO DE RETENCIÓN Y RETIRO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 4x7 PULGADAS.....	113
6.16	NÚMERO TOTAL DE FUNDAS RETENIDAS Y RETIRADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (4x7 PULGADAS).....	113
6.17	PROMDEIO DE RETENCIÓN Y RETIRO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 4x9 PULGADAS.....	114
6.18	NÚMERO TOTAL DE FUNDAS RETENIDAS Y RETIRADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (4x9 PULGADAS).....	114
6.19	SUMATORIA DE TIEMPOS POR CADA CICLO.....	114
6.20	NÚMERO TOTAL DE FUNDAS RETENIDAS Y RETIRADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS PARA LOS TRES TIPOS.....	115

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>		<u>PÁGINA</u>
2.1	Selección de semilleros.....	9
2.2	Desinfección de las germinadoras.....	10
2.3	Siembra.....	12
2.4	Exposición del producto final.....	14
2.5	Máquina enfundadora automática para líquidos.....	16
2.6	Máquina para llenar fundas plásticas con tierra para semillas.....	17
2.7	Máquina dosificadora selladora.....	18
2.8	Máquina enfundadora artesanal.....	19
2.9	Biela-manivela / Excéntrica-biela.....	20
2.10	Biela-manivela.....	21
2.11	Trinquete.....	22
2.12	Alambre - Resorte de torsión.....	23
2.13	Resorte de torsión.....	24
3.1	Determinación de la fuerza de templado.....	26
3.2	Cargas distribuidas y puntual de los dinamómetros.....	27
3.3	Presión de compactación.....	28
3.4	Área de contacto.....	30
3.5	Esfuerzo vs deformación unitaria.....	31
3.6	Esfuerzo vs deformación unitaria – punto de diseño.....	32
3.7	Marco fijo al eje principal.....	34
3.8	Marco fijo – fuerza en su centroide.....	35
3.9	Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector en el plano XY del marco fijo analizado en su centroide.....	36
3.10	Marco fijo – fuerza a la distancia máxima.....	37
3.11	Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector en el plano XY del marco fijo trasladado el peso W_1 a la distancia máxima en el eje Z.....	38
3.12	Marco fijo y móvil.....	39
3.13	Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector en el plano XY del momento en el marcos fijo y móvil analizado en su centroide.....	40
3.14	Tubo redondo del mecanismo de apertura y retorno.....	41
3.15	Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector en el plano XY del tubo redondo.....	42
3.16	Varillas y ángulos del mecanismo de apertura y retorno.....	43
3.17	Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector en el plano XY de los ángulos y varillas.....	45
3.18	Ángulos, varillas y fundas plásticas llenas.....	45
3.19	Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector en el plano XY de los ángulos, varillas y fundas plásticas llenas.....	47
3.20	Fuerzas aplicadas.....	48
3.21	Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector máximo en el plano XY de la torsión y flexión.....	50
		15

3.22	Eje principal con marcos fijos y móviles.....	51
3.23	Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector máximo en el plano XY del eje principal de sección transversal tubular cuadrada.....	51
3.24	Sección transversal de eje principal.....	52
3.25	Fluctuación del eje principal.....	54
3.26	Sección transversal de sección tubular cuadrada.....	54
3.27	Eje principal y ejes extremos.....	56
3.28	Fuerzas en el eje principal y en los ejes extremos.....	57
3.29	Fluctuación de los ejes extremos.....	59
3.30	Fuerza necesaria para abrir y sujetar la funda plástica.....	60
3.31	Posición inicial y final de mecanismo de apertura y retorno.....	61
3.32	Posiciones donde se realiza el apriete total.....	63
3.33	Fuerzas distribuidas y puntual en el mecanismo de apriete y retorno.....	64
3.34	Fuerzas ejercidas en el trinquete y la palanca de apriete.....	65
3.35	Piñón del mecanismo de apertura y retorno.....	65
3.36	Diagrama de cuerpo libre del eje principal.....	67
3.37	Chumacera CMB UCP 208-24.....	69
3.38	Sistema de transmisión de movimiento rotacional.....	70
3.39	Resortes del mecanismo de apertura y retorno.....	72
3.40	Movimiento del apisonador.....	76
3.41	Simulación del resorte de torsión con carga.....	76
3.42	Mesa de retención y retiro.....	82
3.43	Vista isométrica de la estructura.....	84
3.44	Fuerzas que actúan en la estructura.....	85
3.45	Resultados de SAP 2000: Razón de esfuerzo.....	86
3.46	Deformación de la estructura.....	87
4.1	Flujograma de construcción estructural.....	93
4.2	Flujograma de construcción del eje de transmisión.....	93
4.3	Flujograma de construcción de apertura y retorno.....	94
4.4	Flujograma de construcción de movimiento rotacional del eje principal.....	94
4.5	Flujograma de construcción del sistema de retiro.....	95
4.6	Flujograma del construcción del sistema de apisonado.....	95
4.7	Flujograma de montaje de la enfundadora.....	99
	Colocación de las fundas plásticas.....	
6.1		107
6.2	Llenado y apisonado de los sustratos.....	109
6.3	Retención y retiro de las fundas plásticas.....	112
6.4	Producto final.....	116

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Definición	Unidades
P_{media}	Presión media	kg/cm^2
S_y	Límite de fluencia	Lbs/plg ²
S_{ut}	Resistencia última a la tensión	Lbs/plg ²
D	Diámetro exterior	Cm
N	Factor de seguridad	
d	diámetro interior	Cm
A	Área	cm^2
F	Fuerza	Kg
Σ	Esfuerzo	kg/cm^2
E	Deformación unitaria	
Δ	Alargamiento	Cm
L	Longitud inicial	Cm
l_f	Longitud final	Cm
E	Módulo de young	Kg/cm^2
$A_{perimetrica}$	Área perimétrica	cm^2
Q_y	Primer momento del área compuesta	cm^3
Q_x	Primer momento del área compuesta	cm^3
P	Potencia	HP
T	Esfuerzo	Kg/cm^2
X	Centroide	Cm
Y	Centroide	Cm
W	Peso	Kg
M	Momento	Kg-cm
I	Inercia	cm^4
C	Capacidad de carga dinámica	KN
Θ	Ángulo	Grado
Γ	Ángulo	Grado
α	Ángulo	Grado
R	Radio	Cm
T	Torque	Kg-cm
P_o	Carga equivalente estática	KN
C_o	Capacidad de carga estática	KN
S_e	Límite de fatiga	kg/cm^2
k_a	Factor de superficie	
k_b	Factor de tamaño	
k_c	Factor de confiabilidad	
K_g	Factor de temperatura	

ke	Factor de concentración de tensiones	
kt	Factor de concentración de esfuerzos	
Q	Factor de sensibilidad	
σ_{eq}	Esfuerzo equivalente	kg/mm ²
R	Reacción en un punto	Kg
N	Número de revoluciones	RPM
μ	Coeficiente para acero lubricado	
Na	Número total de espiras	
S	Arco	Mm

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1:	Módulo de young de materiales plásticos - polietileno
ANEXO 2:	Tubo estructural cuadrado – Catálogo Dipac
ANEXO 3:	Tubo mecánico redondo – Catálogo Dipac
ANEXO 4:	Perfiles estructurales – Catálogo Dipac
ANEXO 5:	Peso métrico de la varilla corrugada
ANEXO 6:	Coeficiente de acabado superficial
ANEXO 7:	Coeficiente de confiabilidad
ANEXO 8:	Factores de esfuerzos y velocidad para rodamientos
ANEXO 9:	Exponente de vida para rodamientos
ANEXO 10 :	Chumaceras SKF
ANEXO 11:	Constante de resortes según su material
ANEXO 12:	Materiales de resortes
ANEXO 13:	Platinas

RESUMEN

El diseño y construcción de una máquina enfundadora de tierra para el sector dedicado a la producción de árboles forestales dentro de viveros acondicionados o no, resulta ser un requerimiento indispensable, que tiene como principal finalidad optimizar la siembra de semillas o plantas.

El proceso investigativo previo y necesario para determinar la funcionalidad y las características de la máquina, se realizó en viveros forestales de la provincia de Chimborazo y en las consultas permanentes a profesionales especializados.

Como resultado de ésta investigación, en esta máquina se utilizó un sistema de sujeción basada en un mecanismo tipo trinquete, un sistema de giro mediante poleas con la aplicación de una fuerza humana mínima, un sistema de apisonado por gravedad para la compactación requerida y un sistema de soporte y retiro de las fundas llenas y compactadas. Secuencialmente los procesos son los siguientes: colocación de las fundas, llenado de las mismas, apisonado y retiro de las fundas llenas; estas etapas se realizan en serie y en forma continua. Los movimientos de los mecanismos son manuales.

Se tomó en cuenta la necesidad de llenar fundas plásticas de diferentes diámetros y longitudes, por lo que se seleccionaron y diseñaron los diferentes mecanismos de acuerdo a esta necesidad, logrando que en la misma máquina se pueda enfundar tres tamaños diferentes de fundas.

Con el diseño y construcción de esta máquina enfundadora de tierra se alcanza un gran beneficio para la agroindustria por la gran producción que se obtiene, reduciendo el tiempo y la utilización de mano de obra.

SUMMARY

The design and construction of a bagging machine of soil for the sector working in the production of forest trees within conditioned greenhouses is an indispensable requirement to optimize the seed or plant sowing. The previous investigation process and necessary to determine the functionality and characteristics of the Machine was carried out in forest greenhouses of the Chimborazo Province and through permanent consulting to specialized professionals. As a result of this investigation, in this machine a holding system based on a pawl type device, a gyre system through pulleys with the application of a minimum human force, a pressing system by gravity for the required compacting and a support and withdrawal system for the full and compacted bags were used. Sequentially, the processes are the following: bag placement, filling, pressing and withdrawal. These steps are carried out in a serial and continuous way. The device movement is by hand. The need to fill the plastic bags of different diameters and lengths was taken into account; this is why the different devices were selected and designed to meet this need, with the machine bagging three sizes of bags. With the design and construction of this bagging machine a great benefit for the agro-industry is attained because of the high production, reducing the labor time and use.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

Los primeros Viveros que se instalaron fue en Argentina, a partir de 1875, aparecen en coincidencia con la llegada masiva de inmigrantes europeos, principalmente alemanes, belgas, españoles, italianos y portugueses, que junto a los japoneses, que llegaron en la década de los cuarenta, dieron origen a los grandes Viveros productores actuales. En el año 1947 la Asociación Argentina de Floricultores y Viveristas comienza a desarrollar estas actividades, obteniendo la personería jurídica en 1974.

Un vivero forestal es el lugar en el cual se producen especies nativas o introducidas para plantaciones forestales bajo cuidados y técnicas especiales. Tradicionalmente estos viveros han producido especies forestales con fines comerciales, sin embargo, en los últimos años se han venido produciendo una mayor variedad de especies, dentro de los cuales se incluyen a los arbustos y pastos.

Todo vivero está dividido en secciones tales como: el departamento de maquinarias y herramientas en el que se encuentra la máquina Enfundadora de tierra, regadera, rastrillo, palas, repicadores, macetines, etc.; y áreas destinadas al cultivo de plantas en sus diferentes etapas de vida, las mismas que están interconectadas mediante un sistema de transporte, conformado por caminos y bandas transportadoras, que permiten facilitar el movimiento de plantas e insumos para la producción.

La persona encargada del vivero, debe estar familiarizada con la terminología y características específicas de las plantas que son utilizadas con fines de generación y conservación. La calidad de las planta es definida por las condiciones ambientales en el sitio de plantación.

1.2 Antecedentes

El sustrato o mezcla usado en las fundas puede estar formado por 2 partes de suelo del lugar (tierra negra), 1 parte de arena y 1 parte de broza. Se llenan las fundas (4x7, 5x7, 4x9) pulgadas, con la mezcla de suelo, compactando bien la tierra para no dejar cámaras de aire.

En el Ecuador, la mayoría de los pequeños empresarios llenan de tierra en fundas plásticas, las cuales sirven como semilleros para la germinación de plantas como el pino, tomate de árbol, maracuyá, granadilla, entre otras aplicaciones, ejecutándose este trabajo de una forma manual, por no tener suficiente capital para invertir en maquinarias, que permita procesos automáticos y a la vez limita su producción, por lo cual al tener un aumento de la demanda por parte del consumidor, no pueden abastecer el mercado y opta por soluciones no asépticas.

Para solucionar este problema se diseñó una máquina de enfundado, partiendo de una máquina que posee un modelo referencial fabricado rudimentariamente y de máquinas dosificadoras existentes de llenado de sólidos finos, seleccionando elementos adecuados que componen la Enfundadora en función de los materiales más apropiados para lograr ahorro de tiempo y maximizar la producción.

1.3 Justificación técnico-económica

El presente proyecto pretende mejorar el proceso de enfundado de sustratos destinados a la germinación calificada de especies forestales, de esta manera ayudar al operario en algunas tareas que requieren de tiempo y dinero y se hacen en forma manual y por unidades, por ello es necesario la implementación de un sistema de llenado en serie y manipulado de forma fácil y precisa acorde con las tendencias tecnológicas actuales.

En la actualidad el gobierno pretende implementar proyectos de conservación del medio ambiente para lo cual nuestro aporte viene a resultar una ayuda justificable para con la salud del hombre y de todo lo que tiene vida.

Las actividades de extensión forestal, planes de manejo forestal, al igual que el incremento de viveros, vienen a ser propuestas destinadas directamente por unidades ejecutoras como la **ENF** (Evaluación Nacional Forestal), entidad creada dentro del Ministerio del Ambiente en el Ecuador, que tiene como principal función del establecer los enlaces institucionales y dar seguimiento y soporte técnico a instituciones objetivizadas a la generación y conservación del medio ambiente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Diseñar y construir una enfundadora de tierra para semillero.

1.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Analizar y seleccionar una alternativa de colocación de las fundas plásticas.
- ✓ Diseñar sistemas de sujeción, para el llenado manual del sustrato correspondiente.
- ✓ Diseñar un sistema de apisonado en serie con inclinación y control de posiciones en el apisonado.
- ✓ Seleccionar la mejor alternativa de diseño para los diferentes procesos basados en el ahorro de energía.
- ✓ Construir la máquina.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Aspectos generales

Los viveros forestales constituyen el primer paso en cualquier programa de reforestación. Se definen como sitios destinados a la producción de plantas forestales, en donde se les proporciona todos los cuidados requeridos para ser trasladadas al terreno definitivo de plantación.

Las necesidades de viveros en programas de reforestación se deben básicamente a que en el vivero la inversión económica es mínima en lo referente a preparación del sitio, fertilización y mantenimiento; además el viverista puede tener un mejor control durante el tiempo de la producción de plantas.

La producción en vivero tiene como función obtener plántulas de calidad superior, es decir tamaño adecuado, libre de plagas y enfermedades, para asegurar el éxito de la reforestación, para lo que es necesario que la persona encargada de dirigir la actividad del vivero conozca y aplique ciertas etapas, como por ejemplo:

2.1.1 Selección de la especie

Debemos reproducir especies que provengan del mismo lugar y del mismo tipo de suelo. Entre los factores a tomar en cuenta para elegir la especie de planta a producir en el vivero son:

- Objetivo de la plantación
- Preferencias de los agricultores
- Experiencia con la especie

- Requerimientos de clima y suelo
- Ubicación de fuentes de semilla (Época de recolección y almacenamiento)
- Problemas de plagas y enfermedades con la especie.

2.1.2 Semillas forestales

Para que los comunales sean autosuficientes en semillas forestales, es preciso enseñar a los miembros cuando y como recolectar sus propias semillas. La selección y preparación de buenas semillas es la base para producir buenas plantas, ésta se logra básicamente realizando los pasos siguientes:

- ✓ Escoger buenos árboles para semilla en o cerca de la comunidad, que sean sanos de buen crecimiento, rectos, de buena forma, que den buenos frutos.
- ✓ No dañar los árboles al cortar semillas, use tijeras, cuchillos, sierras o machetes, solo corte ramitas no desgarre.
- ✓ Transportar los frutos, vainas o conos en costales o canastos, poner etiqueta que diga especie, sitio de recolección, fecha, etc.
- ✓ Secar las semillas sobre costales o canastos, pisos, periódicos, canastos, mantas, dándole vueltas varias veces al día.
- ✓ Si va a secar semillas de frutos carnosos déjelos que sobremaduren a la sombra, quítele la piel a las semillas, lavándolas varias veces en agua para no atraer insectos y luego secar.
- ✓ Cuando las semillas estén secas, seleccionar como si estuviera escogiendo frijol para cocer.
- ✓ Eliminar semillas picadas, partidas, cuaches, hinchadas, vanas y sin color.

2.1.3 Tratamientos pregerminativos

Muchas veces las semillas pueden ser fácilmente tratadas utilizando el método de remojo en agua a temperatura ambiente o en agua caliente. En el primer caso se remojan las semillas en agua al tiempo por 1 a 3 días por ejemplo madrecaño, arapín, quebracho, guachipilín. Y 24 hrs el pino, ciprés. El otro caso consiste en remojar en agua caliente por dos minutos y después meter en agua fría o al tiempo, hasta que enfríen. Se utiliza en conacaste, flamboyán. Leucaena, tamarindo, sare.

2.2 Tipos de viveros:

- ✓ Viveros permanentes:
- ✓ Viveros temporales:
- ✓ Viveros forestales según la Intencionalidad de la Producción

- ✓ Viveros forestales comerciales
- ✓ Viveros forestales de Investigación
- ✓ Viveros forestales de producción específica Abastecen programas o proyectos concretos.
- ✓ Viveros forestales de interés social

2.3 Selección del sitio

Es importante recordar que el extensionista, previo a escoger el sitio para establecer el vivero, debe planificar conjuntamente con los agricultores y asistentes de campo todo lo relacionado a actividades forestales.

2.3.1 Factores a considerar al momento de establecer un vivero

✓ Localización y accesibilidad del terreno

Los mejores sitios para la ubicación del vivero son los que cuentan con una ligera pendiente de no más de 5% a 10%; lo cual permitirá la salida fácil del exceso de las aguas de lluvia.

El sitio seleccionado debe ser de acceso fácil, es decir que no se dificulte el transporte de todas las plantas al momento de trasladarlas al campo de cultivo.

Para el vivero se busca un sitio con buena tierra. Se deben evitar suelos muy arcillosos por ser compactos y porque no permiten la penetración del agua.

✓ Agua

Este es uno de los factores más importantes. Debe buscar un lugar donde haya agua cerca o donde se pueda hacer llegar por medio de mangueras o canales.

✓ Sombra

La sombra de árboles grandes perjudica el crecimiento de las plantas. Si hay muchos árboles en el lugar donde se desea colocar el vivero es necesario podar o quitar algunos para que haya un poco de sombra, pero no demasiado.

✓ Cercado

Para evitar daños de animales sueltos y personas ajenas a la actividad de reforestación, es indispensable cercar bien el vivero. Además de cercar puede hacerse sembrando surcos vivos (brotones) o materiales locales disponibles como: caña de milpa, bambú, vara blanca, carrizo, chichicaste, sauco, etc.

2.4 Construcción del vivero

Después de escoger el sitio para el vivero se debe pensar en donde colocar las diferentes partes del mismo. Lo más importante es dar suficiente espacio para trabajar y pasar por el vivero sin lastimar las plantas. Para el diseño del vivero se debe tomar en cuenta la cantidad de plantas necesarias, el tipo de plántulas y el tiempo de producción de cada tipo de plantas.

2.4.1 Áreas que se deben considerar para establecer el vivero

- ✓ Área de tablonos donde se colocan las fundas llenas.
- ✓ Área para semilleros (cajas germinadoras o semilleros en tablonos).
- ✓ Área de propagación de plantas a raíz desnuda, estacas, etc.
- ✓ Área para colocación de material que servirá en el vivero: broza, estiércol, arena, tierra negra, horquetas, varillas y cobertores.
- ✓ Área para la realización del camino de materiales.
- ✓ Calles: en el diseño deben contemplarse las calles necesarias para un mejor acceso a las áreas de trabajo y una entrada principal para el acarreo de las plantas.
- ✓ Áreas de sombra: En algunas zonas calurosas será necesario construir un área de sombra (tapesco) para proteger plantas recién nacidas y/o plántulas recién trasplantadas a fundas.
- ✓ Área de bodega: en un vivero más grande se puede contemplar la construcción de una bodeguita para almacenar herramientas, agroquímicos y otros materiales

2.5 Proceso de trabajo en un vivero

2.5.1 Recepción y almacenamiento

Una vez que la materia prima llega al vivero, son sometidas a un sistema de control de recepción en el que se realiza una inspección visual, así como la toma de muestras para los ensayos de control interno.

En cuanto a ensayos de control interno se distingue entre:

- ✓ Productos con marcado de calidad.
- ✓ Productos sin marcado de calidad.

2.5.2 Selección de semilleros

El vivero deberá tener un área destinada a los semilleros. En ellos se sembrarán la mayoría de las semillas que al germinar se trasplantarán a fundas. Esto se hace porque muchas semillas no saldrán, y por tanto sería un gasto inútil tener una funda sin planta en ella porque su semilla no salió. Con los semilleros además pretendemos que las semillas encuentren mejores condiciones que en las fundas para germinar más fácilmente.



Figura 2. 1 Selección de semilleros

2.5.3 Germinadoras

Las germinadoras pueden establecerse en cajas (fácilmente transportables) o bien en tablones directamente en el suelo. Las dimensiones de ancho y largo de las cajas son las que resulten más cómodas a los viveristas, pero la profundidad es conveniente que sea de 30 centímetros. Se colocaría en el fondo 10 centímetros de grava o piedrin. Encima se colocarían otros 10 centímetros de tierra del lugar, y arriba del todo otra capa de 10 centímetros de arena cernida.

2.5.3.1 Desinfección de las germinadoras

Para evitar el establecimiento de plagas y enfermedades el suelo de los semilleros puede ser tratado con insecticidas, fungicidas (contra los hongos) y nematicidas (contra los pequeños gusanos) de 3 a 5 días antes de la siembra. Si no se cuenta con estos productos químicos se puede usar productos naturales o se puede echar suficiente agua hirviendo sobre este suelo y así eliminar los posibles hongos, insectos, nematodos y bacterias. En este caso hay que esperar a que se enfríe el suelo para poder sembrar.



Figura 2. 2 Desinfección de las germinadoras

2.5.4 Llenado de fundas

Se debe contar con fundas (de polipropileno) para la contención de las plantas. Aunque se pueden reutilizar productos desechados en el hogar ej. Botellas de pet, latas, armazones de ventiladores (para cola de quetzal son especiales) etc. Las fundas se consiguen en diferentes tamaños y dependen del tipo de plántula. Fundas demasiado grandes desperdician tierra y demasiadas pequeñas no sirven. Las fundas se ordenan por tipo de plántula y se puede colocar un letrero con marcador indeleble o dentro de una funda plástica para evitar que se moje. Se escribe la información acerca de la especie de árbol o planta y fecha de siembra. El grosor o calibre es importante, generalmente se utilizan de (2 micras), no puede ser muy delgado pues se rompen fácilmente. Para plantas pequeñas de jardín, singla y pasto como el maní forrajero, las fundas son mucho más pequeñas.

Los tamaños de las fundas a utilizarse básicamente son de tres tamaños: 4x7, 5x7, 4x9 pulgadas.

2.5.5 Camas o tablones

Se coloca una pita que sirve de guía para colocar la mezcla de suelo, a todo lo largo que tendrá la cama o tablón.

Y se colocan bien, tomando como guía la pita. Llenas las fundas se agrupan en hieleras de 10 fundas que van de 0.70m a 1.00m de ancho por el largo que tendrá el tablón o cama.

Entre cada tablón o cama hay que dejar un camino de 0.50m de ancho. Si existe dificultad en obtener tierra en los alrededores se podría utilizar corteza de pino que se haya estado descomponiendo durante más de 1 año. Esta corteza se puede mezclar con arena y eliminar el uso de broza, que normalmente está infectada de hongos e insectos.

2.5.6 Siembra

Se debe sembrar más o menos al doble del tamaño de la semilla. Al momento de la siembra se puede hacer por métodos diferentes:

✓ Al voleo

En la caja germinadora las semillas se esparcen teniendo el cuidado de que queden bien esparcidas sobre toda la cama del semillero, éste método se utiliza en semillas pequeñas como por ejemplo semillas de aliso, eucalipto, calistemo, casuarina, etc. Y cuando es demasiado pequeña se puede mezclar con arena para dispersar mejor.

✓ En hileras o surcos

Se abren pequeños surcos a lo ancho del tablero o germinador y en ellos se deposita la semilla como por ejemplo semillas de pino, ciprés, pinabete, etc.

✓ A golpe o postura

Se usa para sembrar semillas grandes que se colocan una a una por golpe buscando la mejor postura que ayudará a la germinación, ejemplo: aguacate, encino, durazno, nogal, conacaste, caoba, etc.

✓ Siembra directa

Consiste en colocar directamente la semilla en la funda, se acostumbra perforar un pequeño agujero en el centro de la funda donde se coloca la semilla, luego se cubre esta con una capa de suelo de aproximadamente el doble del diámetro de la semilla.

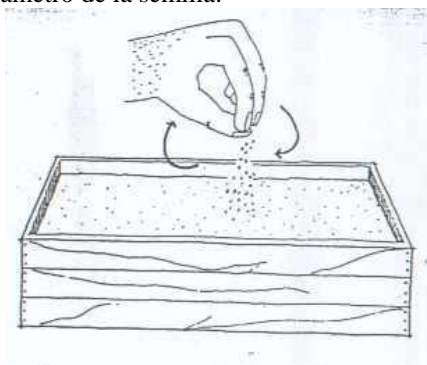


Figura 2. 3 Siembra

2.5.7 Cuidados posterior a la siembra

Para que el suelo quede compactado se puede hacer rodar una botella o palo grueso sobre la cama, Se debe proteger el germinador con una cubierta de cualquier pasto para evitar la evaporación y el golpe directo del agua de riego.

Una vez así se puede regar con una bomba mochila teniendo cuidado de no levantar el suelo y que éste quede bien húmedo. La cubierta se elimina cuando ya han germinado la mayoría de las semillas.

2.6 Labores culturales

2.6.1 Riego

En las zonas muy calurosas y con alta intensidad lumínica (costa de Guatemala), al establecer semilleros en la época seca se aconseja regar 2 veces al día, a los 15 días se baja a un riego por día, a los 30 días de nacidas las plantas se riega un día sí y otro no.

En el altiplano de Guatemala al principio es suficiente regar una vez al día, luego cuando la planta está muy pegada se baja el riego a un día sí y otro no.

De los 20 a 40 días antes de la reforestación, se deja de regar, hasta que las plantas presenten signos de marchitamiento, se vuelven a regar, con el objeto de que el tallo se endurezca.

2.6.2 Fertilización

Se pueden aplicar abonos orgánicos o químicos al suelo antes de la siembra o trasplante a la funda. Otra opción es aplicar abono foliar cuando la planta ya está establecida, con mucho cuidado de no excederse en la dosis para no quemar las plantas.

2.6.3 Control de arvenses

Cultivos y arvenses viven en un mismo ambiente y su capacidad productiva es limitada por factores como, humedad, luz, nutrientes y espacio disponible; cada grupo de planta hace una demanda específica sobre el poder productivo del campo, sin embargo las pérdidas del cultivo debidas a la interferencia entre ellas, no son muy obvias para el observador casual y por lo tanto son fácilmente pasadas, se reportan como cada cultivo y especie de arvense tiene sus propias características de adaptación competitiva y reacciones propias con respecto a sus rivales, concluyendo, que diferentes hábitos de crecimiento de las arvenses dan como resultado diferente habilidad competitiva.

El control de arvenses generalmente se ha basado en el tratamiento de síntomas (presencia anticipada o actual de las arvenses) más que sobre la observación de la dinámica de población arvense-cultivo, y el impacto potencial sobre el rendimiento del cultivo.

2.6.4 Control fitosanitario

En cualquier clase de cultivo en viveros forestales, tanto hidropónico como en tierra, se debe proteger a las plantas tanto de insectos, virus, enfermedades y hongos para que los frutos mantengan siempre su calidad.

En la hidroponía se tiene una ventaja trascendental sobre los cultivos de tierra, ya que es en la tierra donde se encuentran la mayor parte de las bacterias y plagas que pueden afectar la siembra realizada; sin embargo no siempre se está exento, por lo que debe de ser un hábito el mantener un control fitosanitario en nuestros cultivos.

Esto se lo lograr fácilmente sin recurrir a la utilización de productos químicos para así obtener productos más saludables.

2.6.5 Monitoreo periódico

Siempre los viveristas han controlado plagas en sus campos de generación y conservación. Antes usaba controles culturales y naturales. Ahora existen controles químicos que es un buen método a controlar plagas, pero no la único o la mejor forma a controlar plagas y enfermedades. Conociendo el efecto de mal uso y mal aplicado de pesticidas puede resultar en daño humano y perdida en el efecto de buenas pesticidas con resistencia, ahora los agrónomos, viveristas usan un control integrado. Control integrado no es orgánico, si no usando todos los métodos para controlar plagas y enfermedades. Los productos químicos en este sistema no son el control numero uno y también una salvación, sino solo una parte del control.

2.6.6 Transporte al sitio de exhibición.

El sitio de exhibición viene casi siempre a estar ubicado en los sitios de producción, pues ese siendo el lugar adecuado, resulta ser adecuado para su exhibición también, claro está que también existen ferias de exposición donde los viveristas e ingenieros dedicados a la conservación del medio ambiente acuden siempre con propósito de ofertar sus productos y a su vez contemplar otros comunes e innovadores productos, son estas ferias también donde, se demuestra y se expone la forma cultural de su proceso de producción.



Figura 2. 4 Exposición del producto final

PROCESO DE PRODUCCIÓN

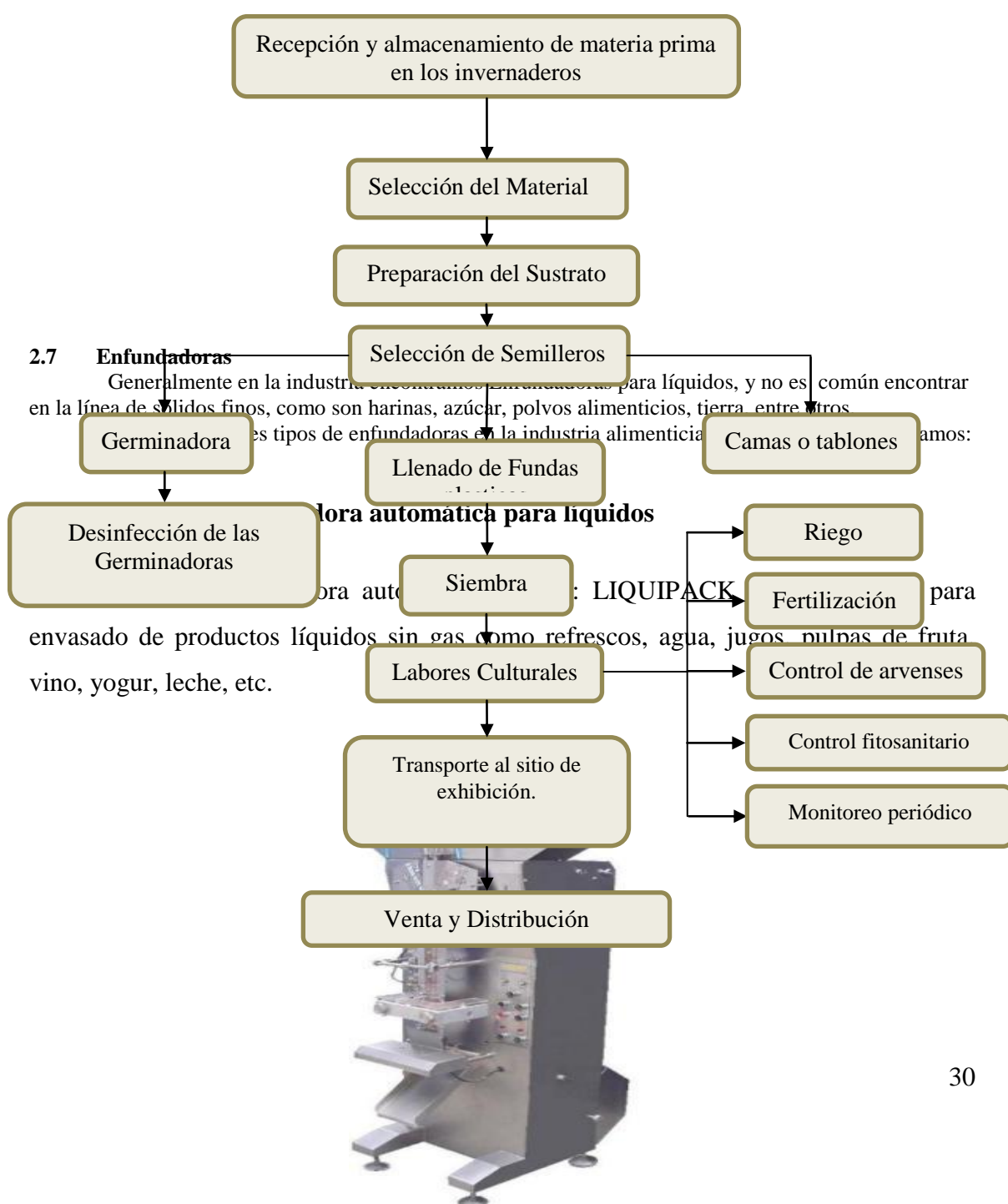


Figura 2. 5 Máquina enfundadora automática para líquidos

Características:

- ✓ No requiere de suministro de aire comprimido.
- ✓ Accionamiento electromecánico.
- ✓ Forma la funda a partir de bobinas de polietileno coextruido o laminado, dosifica de manera exacta, sella por impulsos y corta cada funda conformada.
- ✓ Estructura robusta fabricada en acero inoxidable A304, que garantiza una alta durabilidad cumpliendo con exigencias sanitarias para el envasado de productos alimenticios.
- ✓ Alimentación del producto desde tanques de balance con flotador
- ✓ Diseño óptimo que permite una fácil y confiable operación con un bajo costo por mantenimiento.
- ✓ Sistema de embrague electromecánico que permite la sincronización con el sensor fotoeléctrico para centrado de la impresión de la funda.
- ✓ Cabina con lámpara que ayuda a la esterilización del material de empaque antes del envasado.

2.7.2 Máquina para llenar fundas plásticas con tierra para semilla

Esta máquina es una creación de tecnológicos-industriales dentro de la línea de maquinas agrícolas, no muy sofisticada y su trabajo lo cumple por unidades, mas no en una forma seriada.



Figura 2. 6 Máquina para llenar fundas plásticas con tierra para semillas

2.7.3 Máquina dosificadora selladora

Máquina dosificadora selladora para envasar productos líquidos y pastosos, en fundas prefabricadas o envases rígidos de plástico o vidrio, por sistema volumétrico y que incorpora un conjunto de sellado con mordazas dentadas de temperatura constante.

Permite envasar mermeladas, salsas, pastas de maní o ajo, yogur, condimentos, miel, manjar, shampoo, rinse, gel, cremas cosméticas, etc.



Figura 2. 7 Máquina dosificadora selladora

Características

- ✓ Alimentación del producto desde una tolva cónica con tapa y válvula de flotador (opcional), con aristas redondeadas y acabado sanitario.
- ✓ Permite envasar un envase a la vez.
- ✓ Dosificador volumétrico con regulación mecánica para controlar el volumen a envasar.
- ✓ Activación neumática por válvulas de pedal para accionamiento del dosificador y de la selladora.
- ✓ Fácil regulación de los soporte según la altura del envase y/o funda.
- ✓ Estructura fabricada en acero inoxidable A304, que garantiza una alta calidad y durabilidad, cumpliendo además con exigencias sanitarias para envasado.
- ✓ Boquilla intercambiable, según el diámetro del pico del envase.
- ✓ Control de temperatura digital con termocupla.
- ✓ Accionamiento neumático.
- ✓ Incluye unidad de mantenimiento para el aire comprimido.

2.7.4 Máquina enfundadora artesanal

Esta máquina fue fabricada por personas que realizan el llenado de las fundas plásticas en forma manual, es decir la construyeron con el objetivo de seriar la producción y no tener que enfundar por unidades por el retraso de producción que existía.

Básicamente está formada por dos soportes principales a los extremos de la bancada y posee en el mecanismo de apertura dos perfiles estructurales, uno móvil y uno fijo. El mecanismo móvil es manipulado por dos tornillos sin fin para provocar la abertura de las fundas, y proceder al llenado de las mismas.



Figura 2. 8 Máquina enfundadora artesanal

2.8 Mecanismos usados en el diseño de máquinas enfundadoras y agrícolas.
2.8.1 Biela-manivela / Excéntrica-biela

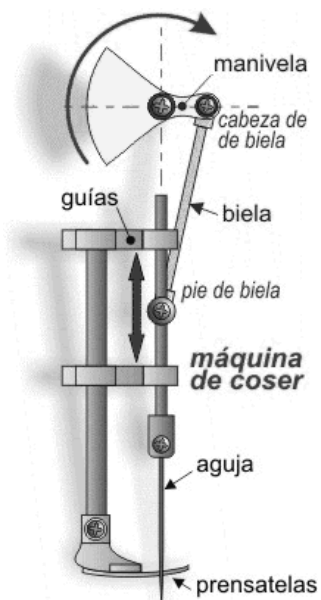


Figura 2. 9 Biela-manivela / Excéntrica-biela

Ambos sistemas (biela-manivela y excéntrica-biela) permiten convertir el movimiento **giratorio continuo** de un eje en uno **lineal alternativo** en el pie de la biela. También permite el proceso contrario: transformar un movimiento **lineal alternativo** del *pie de biela* en uno en **giratorio** continuo en el eje al que está conectada la excéntrica o la manivela (aunque para esto tienen que introducirse ligeras modificaciones que permitan aumentar la inercia de giro).

Este mecanismo es el punto de partida de los sistemas que aprovechan el movimiento giratorio de un eje o de un árbol para obtener movimientos lineales alternativos o angulares; pero también es imprescindible para lo contrario: producir giros a partir de movimientos lineales alternativos u oscilantes.

En la realidad no se usan mecanismos que empleen solamente la manivela (o la excéntrica) y la biela, pues la utilidad práctica exige añadirle algún operador más como la palanca o el émbolo, siendo estas añadiduras las que permiten funcionar correctamente a máquinas tan cotidianas como: motor de automóvil, limpiaparabrisas, rueda de afilar, máquina de coser, compresor de pistón, sierras automáticas, etc.

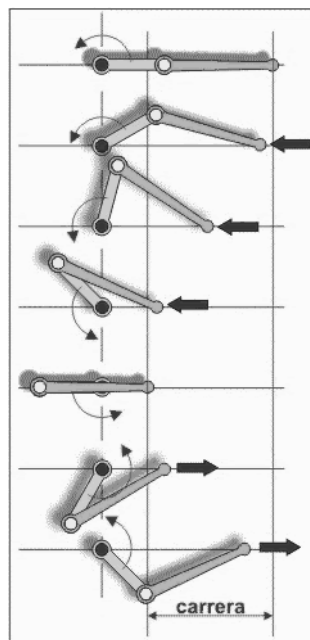


Figura 2. 10 Biela-manivela

El sistema funciona de la siguiente forma:

- ✓ El eje dispone de un movimiento giratorio que transmite a la manivela.
- ✓ La manivela (o la excéntrica) convierte el movimiento giratorio del eje en uno circular en su empuñadura (eje excéntrico).
- ✓ La cabeza de la biela está unida a la empuñadura de la manivela (eje excéntrico) y, por tanto, está dotada de un movimiento circular.
- ✓ En su movimiento circular, la cabeza de la biela arrastra el pie de biela, que sigue un movimiento lineal alternativo.

La trayectoria seguida por el pie de biela es lineal alternativa, pero la orientación del cuerpo de la biela cambia en todo momento. Esto presenta un pequeño inconveniente que puede solventar añadiéndose otros operadores (por ejemplo un émbolo). Este sistema es totalmente reversible, pues se puede imprimir un movimiento lineal alternativo al pie de biela y obtener uno giratorio en el eje de la manivela.

2.8.2 Trinquete

Es un mecanismo que deriva de la *rueda dentada*, pero no tiene sus mismas funciones.

Básicamente está formado por una **rueda dentada** y una **uñeta** que puede estar accionada por su propio peso o por un mecanismo de resorte.

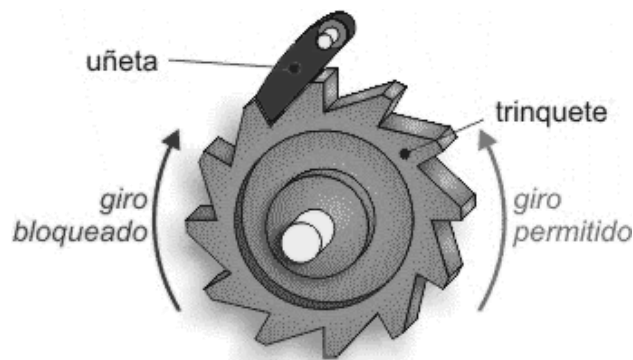


Figura 2. 11 Trinquete

- ✓ La **rueda dentada** posee unos **dientes inclinados** especialmente diseñados (denominados **dientes de trinquete**) para **desplazar a la uñeta durante el giro permitido y engranarse con ella** cuando intenta girar en el sentido no permitido.
- ✓ La **uñeta** hace de freno, impidiendo el giro de la rueda dentada en el sentido *no permitido*.

Además del sistema anterior, existen diferentes tipos de trinquetes:

- ✓ De **retención**, cuando solamente se limita a permitir o no el movimiento del eje o árbol en un sentido.
- ✓ De **accionamiento**, cuando otro mecanismo (generalmente una biela o un émbolo) dotado de un movimiento de vaivén empuja a la rueda dentada en el sentido de giro permitido, mientras la uñeta lo impide en el contrario.
- ✓ **Irreversible**, cuando permite o retiene el movimiento siempre en el mismo sentido de giro.
- ✓ **Reversible**, cuando puede permitir o retener el movimiento en ambos sentidos, gracias a un sistema de uñetas reversibles (y a un diseño de los dientes adecuados).

2.9 Resortes helicoidales de torsión [2]

Los resortes helicoidales a torsión son generalmente utilizados en sistemas mecánicos que requieren un torque resistente sea éste para tracción o compresión de un mecanismo en forma torsional. Usualmente las espiras se arrollan de forma muy apretada, igual que como un resorte de extensión, como se observa en la figura 2.11.

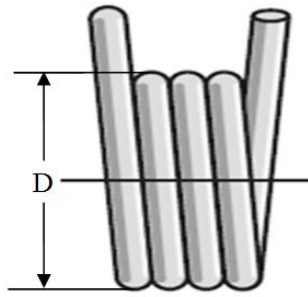


Figura 2. 12 Alambre - Resorte de torsión

Pero los resortes de torsión difieren de los resortes de extensión en que no tiene ninguna extensión inicial. Como se observa en la figura 2.12 que los extremos se forman para transmitir un par de torsión en vez de una fuerza como en el caso de los resortes de compresión y de tensión. El par de torsión se aplica respecto al eje de la hélice y actúa como un momento flexionante en cada sección del alambre. El esfuerzo principal en un resorte de torsión es flexionante. El momento flexionante $M = F \cdot l$ produce un esfuerzo normal en el alambre. (En contraste, en un resorte de compresión o de extensión la carga produce un esfuerzo de torsión en el alambre.) Esta igualdad significa que los esfuerzos residuales acumulados durante el arrollado tienen la misma dirección, pero signo opuesto, como los esfuerzos de trabajo que ocurre durante el uso. Estos esfuerzos residuales son útiles pues vuelven más fuerte al resorte, oponiéndose al esfuerzo de trabajo siempre que la carga se aplique para que el resorte se arrolle hacia arriba. Debido a que el esfuerzo residual se opone al esfuerzo de trabajo, los resortes de torsión se diseñan para operar en niveles de esfuerzos que igualan o inclusive exceden la resistencia a la fluencia del alambre.

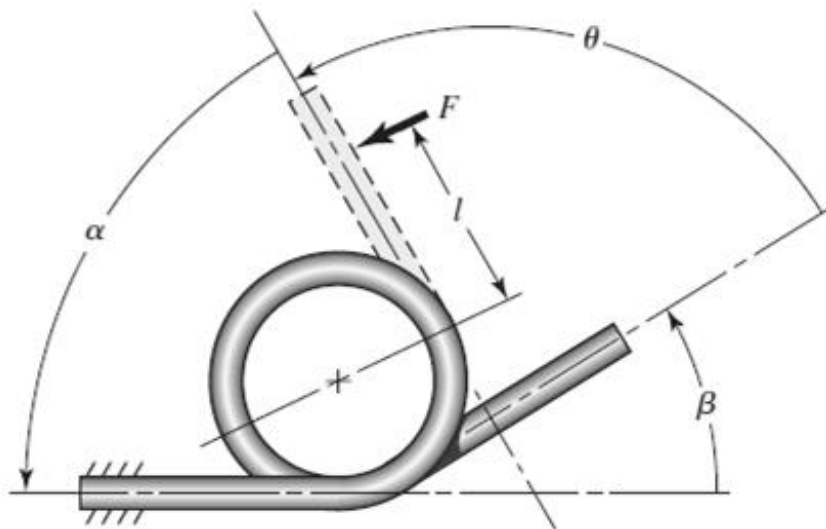


Figura 2. 13 Resorte de torsión

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DE LA ENFUNDADORA

3.1 Parámetros de diseño

Los productores de árboles forestales pretenden con la enfundadora ahorrar tiempo y tener mayor producción, por lo que se debe cumplir con las siguientes condiciones de diseño:

- ✓ La altura del plano de trabajo debe estar entre 0.70 y 0.80 m del nivel de piso terminado.
- ✓ Debe tomarse en cuenta los diferentes tamaños que poseen las fundas plásticas.
- ✓ Sabiendo que un operador llena 500 fundas diarias con una jornada de trabajo de 8 horas, la máquina a diseñar debe superar un mínimo de 1500 en vista que serán dos las personas que trabajen en ella.
- ✓ Debe tomarse en cuenta que la máquina no necesita electricidad.
- ✓ El espesor de las fundas es de 2 micras, por lo tanto debe calcularse una fuerza suficiente y necesaria para que se sujete bien y al mismo tiempo evitar que se rompa.
- ✓ Debe ser de fácil manejo.

3.2 Determinación de la fuerza necesaria y suficiente para la sujeción de las fundas.

La determinación de esta fuerza se realizó en el laboratorio de física, basándonos en ensayos experimentales y con la ayuda de diferentes instrumentos de medida, tanto de fuerza como de masa.

3.2.1 Peso del sustrato

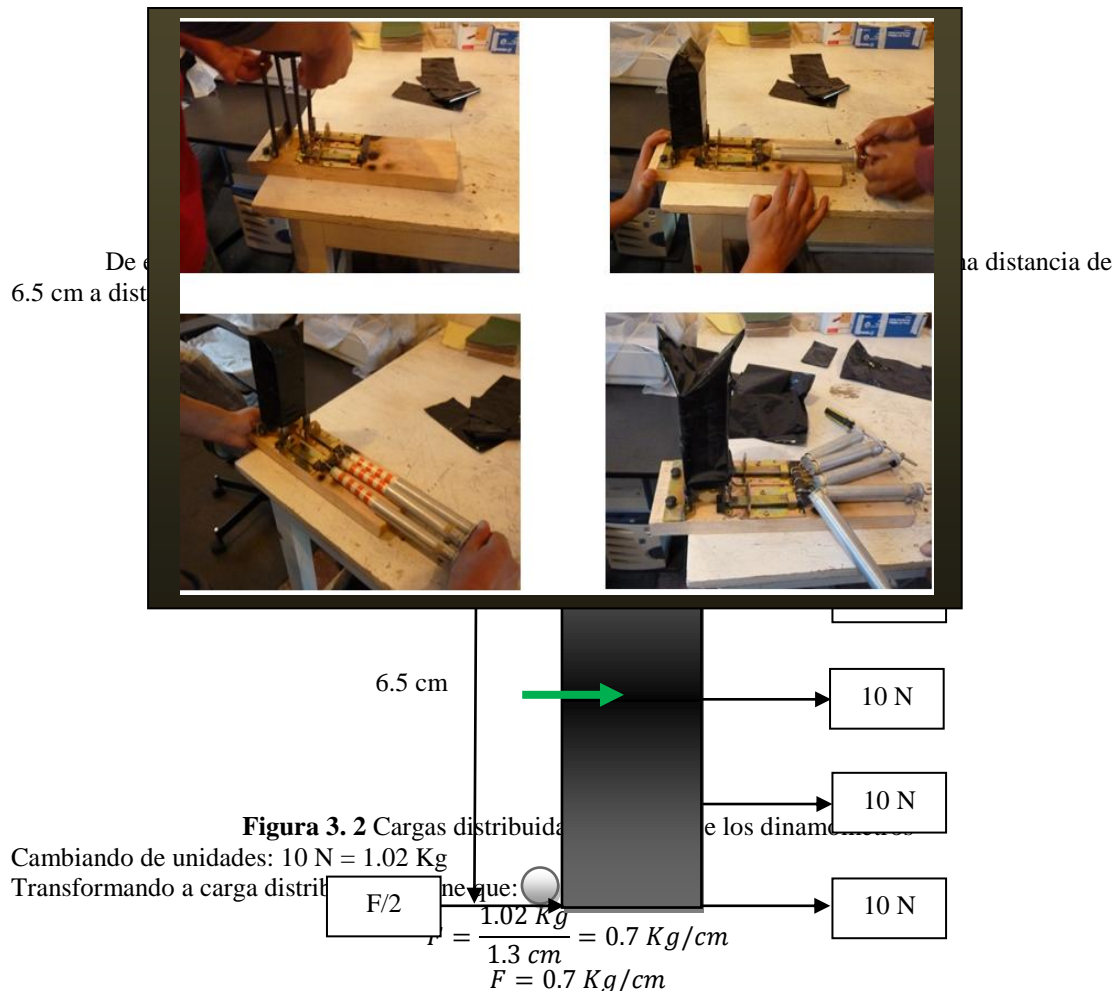
La Tabla 3.1 muestra los pesos de cada una de las fundas plásticas llenas de sustrato, el mismo que se compone de diferentes aditivos antes explicados en el marco teórico. Para lo cual se utiliza una balanza mecánica.

**Tabla 3. 1 PESOS DEL SUSTRATO EN FUNDAS
PLÁSTICAS DE DIFERENTES TAMAÑOS**

<i>FUNDAS PLÁSTICAS (pulg) / (cm)</i>	<i>PESO (Kgf)</i>
4 x 7 / (10.16 x 17.78)	0.5
5 x 7 / (12.7 x 17.78)	0.811
4 x 9 / (10.16 x 22.86)	0.714

De éste resultado se determina que la funda plástica de 5x7 pulg pesa 0.811 Kg pasando a ser ésta la más crítica, por lo tanto se convierte en el principal parámetro de diseño, para lo que será el mecanismo de apertura y sujetación.

Para el encontrar el dato de la fuerza, se toma la funda plástica de 5x7 pulg, y se coloca en un mecanismo de ayuda como se muestra en la siguiente imagen, con el objetivo de determinar su resistencia por medio de dinamómetros y ver si la sujetación se ejecuta o no.



Siendo ésta la fuerza distribuida que se requiere tener en cada funda y para conseguir su apertura y sujetación se necesita 5 dinamómetros, por lo tanto se toma el

valor de fuerza distribuida como parámetro principal para el diseño de mecanismo de apertura en serie a diseñarse.

3.3 Presión de compactación

Se requiere de una presión constante que tiene como objetivo principal compactar la tierra para evitar la producción de hongos, y generación de bacterias que posteriormente puede presentar daños en la germinación.

$$p = \frac{F}{A} \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] \quad (3.1)$$

La Tabla 3.2 presenta los resultados de este cálculo en las diferentes fundas plásticas de análisis.

Tabla 3. 2 PROPIEDADES FÍSICAS DE SUSTRATO EN CADA FUNDA

<i>FUNDA(cm)</i>	<i>VOLUMEN (cm³)</i>	<i>PESO (Kgf)</i>	<i>PRESION DE COMPACTACIÓN ($\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$)</i>
10.16 x 17.78	71.12	0.5	0.019375
12.7 x 17.78	111.12	0.811	0.020112
10.16 x 22.86	91.44	0.714	0.027675

Como presión promedio se obtiene:

$$P_{\text{media}} = \frac{(0.019375 + 0.020112 + 0.027675) \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{3} = 0.022387 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 2194 \text{ Pa}$$

3.4 Fuerza de apisonamiento

Con la presión antes encontrada, se procede al cálculo de la fuerza de apisonamiento que debe tenerse en cada funda para lograr la compactación correcta.

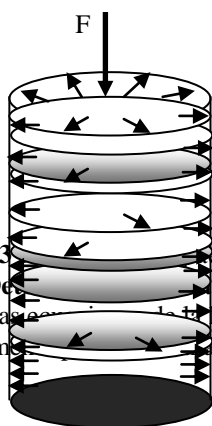


Figura 3. 3 Diagrama de compactación

3.5 Deformación en la funda [10]

La ley de Hooke que el alargamiento unitario experimenta un material elástico es directamente proporcional a la fuerza aplicada F.

$$F = P * A \quad (3.2)$$

A = Área de apisonado

$$A = 12.56 \text{ cm}^2$$

$$F = \left(0.022387 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) (12.56 \text{ cm}^2)$$

$$F = 0.28119 \text{ kg}$$

$$F = 2.75 \text{ N}$$

$$\varepsilon = \frac{\delta}{l} \leftrightarrow \delta = \frac{F * lf}{A * E} \quad (3.3)$$

Donde:

F = Fuerza Aplicada

ε = Deformacion Unitaria

δ = Alargamiento

l = Longitud inicial

l_f = Longitud final

A = Area de contacto con las varillas

E = Modulo de Young

La determinación de la deformación que se produce en el temple y ajuste de las fundas plásticas es evidente, por lo tanto se realizaron experimentos en el laboratorio de física obteniéndose los siguientes resultados.

3.5.1 Área de contacto con las varillas

El contacto se produce en las cuatro varillas del mecanismo de apertura, en un 25% de cuerpo cilíndrico de cada una de ellas, obteniéndose un 100% en las cuatro varillas. La figura 3.4 muestra una área resaltada donde se genera el contacto.

Fuerza aplicada

$F = 0.7 \text{ Kg/cm}$ Con 1 dinamómetro

$F = 1.4 \text{ Kg/cm}$ Con 2 dinamómetro

$F = 2.1 \text{ Kg/cm}$ Con 3 dinamómetro

$F = 2.8 \text{ Kg/cm}$ Con 4 dinamómetro

$F = 3.5 \text{ Kg/cm}$ Con 5 dinamómetro

Área del cilindro

$$A_{\text{perimétrica}} = 2\pi rh \quad (3.4)$$

$$A_{\text{perimétrica}} = 2(3.1416)(4\text{mm})(135\text{mm})$$

$$A_{\text{perimétrica}} = 339.29\text{mm}^2$$

Módulo de Young

$$E = 0.8 \text{ GPa}$$

$$E = 8163.26 \text{ Kg/cm}^2$$

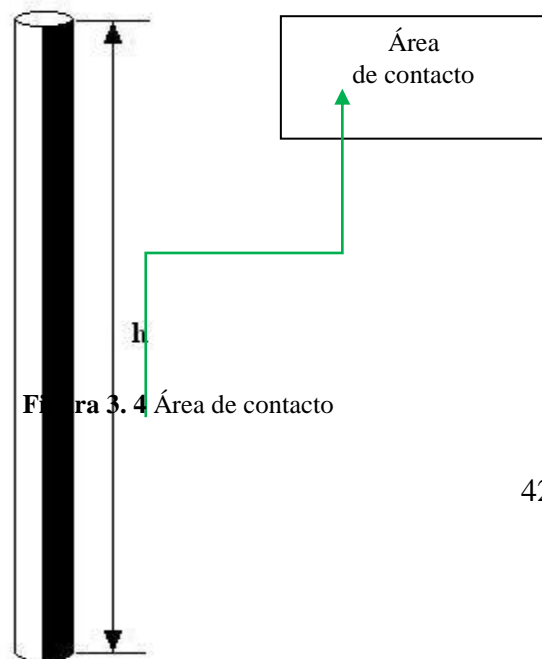


Figura 3.4 Área de contacto

(Polietileno – Ver Anexo 1)

Longitud inicial

$$l = 6.35 \text{ cm}$$

Longitud final

$$l = 7.35 \text{ cm}$$

Alargamiento

$$\delta = \frac{F * lf}{A * E} \quad (3.5)$$

$$\delta = \frac{(5,1002\text{kg})(7,35\text{cm})}{(339,29\text{cm}^2)(8163,26\text{kg})}$$

$$\delta = 1,3534 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

Deformación

$$\varepsilon = \frac{\delta}{l} \quad (3.6)$$

$$\varepsilon = \frac{1,3534 \times 10^{-5} \text{ cm}}{6,35 \text{ cm}}$$

$$\varepsilon = 2,13 \times 10^{-6}$$

Esfuerzo

$$\sigma = \varepsilon * E \quad (3.7)$$

Tabla 3. 3 DEFORMACIÓN DEL POLIETILENO EN FUNCIÓN DE LA FUERZA APLICADA

ESFUERZO (Kg/cm^2)	Fuerza Aplicada (Kg)	Alargamiento (cm)	Deformación
0,002388034	0,7	1,85759E-06	2,92534E-07
0,003889085	1,14	3,02522E-06	4,76413E-07
0,007164103	2,1	5,57278E-06	8,77603E-07
0,009552138	2,8	7,43037E-06	1,17014E-06
0,011940172	3,5	9,28797E-06	1,46267E-06
0	4,2	0	0

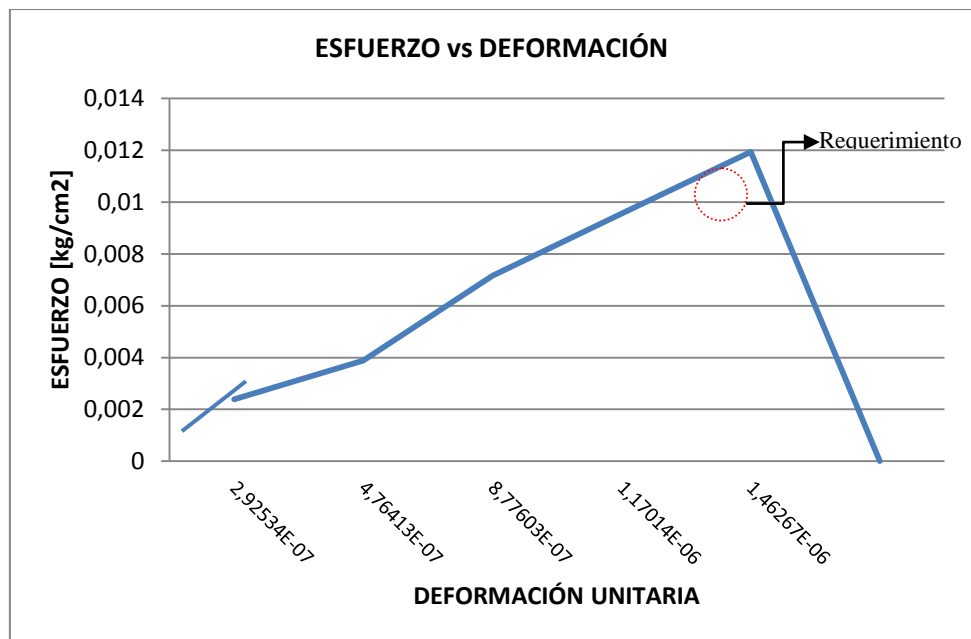


Figura 3. 5 Esfuerzo vs deformación unitaria

La gráfica nos muestra que al colocar 6 dinamómetros ejerce una fuerza de 4.2 Kg lo cual la funda plástica no soporta, por lo tanto se rompe, entonces se toma como requerimiento de diseño a una fuerza de 3.5 kg como carga puntual como se muestra en la figura 3.6, que repartida en los cinco dinamómetros a distancias iguales se tiene 1.3 kg en cada uno.

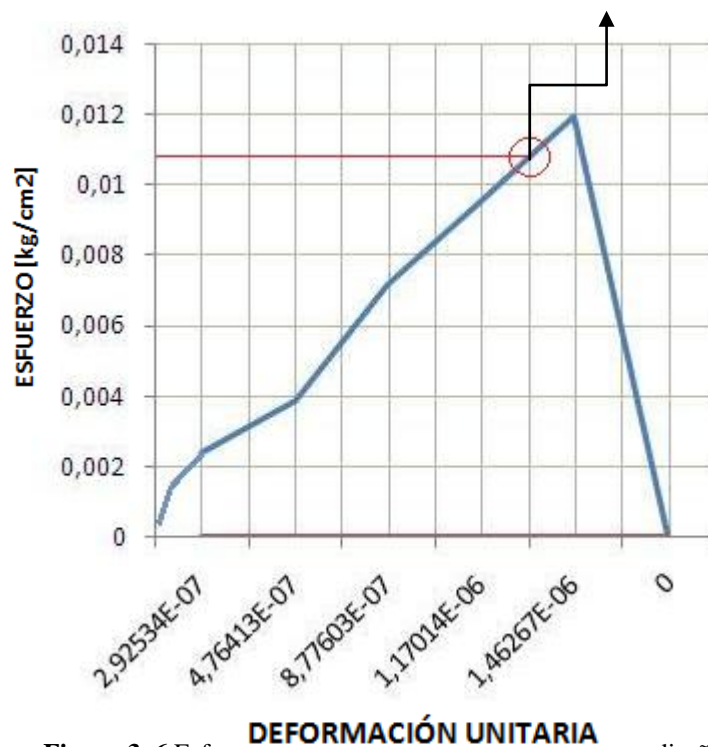


Figura 3. 6 Esfu e diseño

3.6 Análisis de momentos

3.6.1 Momento máximo de torsión y flexión

El siguiente cálculo de momentos se lo realiza con el objeto de encontrar el máximo momento una vez incorporadas todas las fuerzas y pesos de análisis totales, para lo que se empieza analizando por partes para obtener una mayor precisión.

✓ **Torsión**

Para realizar el análisis de la torsión se ubican primeramente los centroides del marco fijo y móvil.

✓ **Flexión**

Básicamente nuestro diseño se realiza con los momentos flexionantes, en vista que la torsión que se genera no influye tanto como sucede con la flexión, en tal virtud a continuación se realizan los siguientes cálculos:

3.6.2 Ubicación de centroides [1].

Las siguientes ecuaciones proporcionan los primeros momentos del área compuesta vista desde una parte superior de la máquina, los cuales pueden utilizarse para obtener las coordenadas X y Y de su centroide correspondiente.

$$Q_y = X \cdot \Sigma A = \Sigma x \cdot A \quad (3.8a)$$

$$Q_x = Y \cdot \Sigma A = \Sigma y \cdot A \quad (3.8b)$$

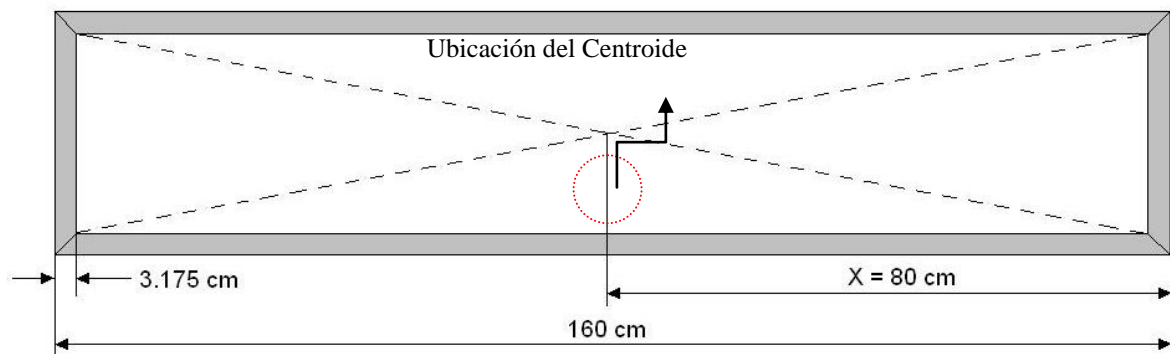


Figura 3. 7 Marco fijo al eje principal
Tabla 3. 4 CENTROIDE DEL MARCO FIJO

Componentes	Área (cm ²)	x (cm)	y (cm)	xA (cm ³)	yA(cm ³)
Rectángulo 01	4292	80	13,4125	343360	57566,45
Rectángulo 02	3633,8	80	11,825	290704	42969,685
TOTAL	658,2			52656	-14596,765

X	80 cm
Y	-22,1767928 cm

Tabla 3. 5 CETROIDE DEL MARCO FIJO Y MOVIL

Componentes	Área (cm ²)	x (cm)	y (cm)	xA (cm ³)	yA(cm ³)
Rectángulo 01	4292	80	13,4125	343360	57566,45
Rectángulo 02	1329,07	80	4,325	106325,6	5748,22775
Rectángulo 03	1318,69	80	16,15	105495,2	21296,8435
TOTAL	1644,24			131539,2	-30521,3788

X	80 cm
Y	-18,5626057 cm

3.6.3 Momentos del marco fijo analizado en su centroide

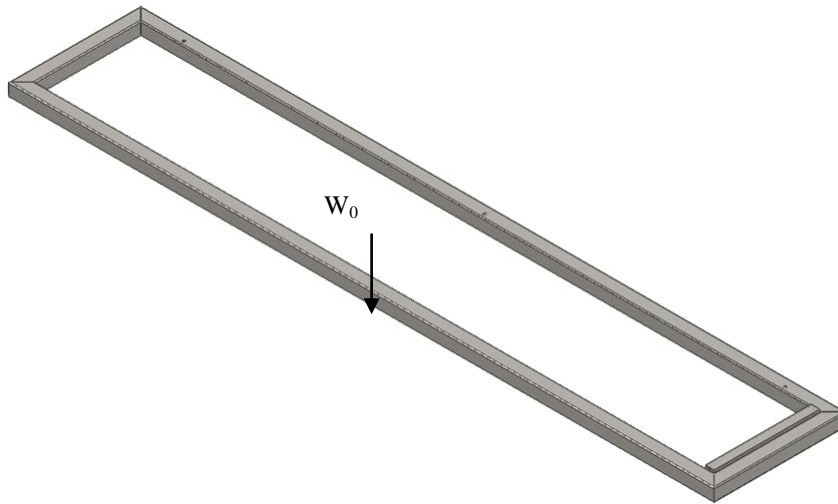


Figura 3. 8 Marco fijo – fuerza en su centroide

Luego del cálculo de centroides vemos que la distancia ubicada en el eje posee las siguientes medidas:

Distancia a la cual se ubica el peso W_0 :

$$X_{\text{centroide}} = 22 \text{ cm}$$

$$X_{\text{centroide}} = 22 \text{ cm} + 3.175 \text{ cm} + 2.54 \text{ cm}$$

$$X_{\text{centroide}} = 27.72 \text{ cm}$$

Peso del marco fijo:

$$W_{\text{marco fijo}} = W_0 = 5 \text{ Kg} \quad (\text{Tubo estructural de } 30 \times 1.5 \text{ mm} - \text{Ver Anexo 2})$$

Por sumatoria de momentos:

PLANO YZ

$$\sum M_0 = W_0 * X_{\text{centroide}}$$

$$M_0 = (5 \text{ Kg})(27.72 \text{ cm})$$

$$M_0 = 138.175 \text{ Kg} - \text{cm}$$

PLANO XY

Calculando las reacciones se tiene:

$$R_{A0} = R_{B0} = \frac{W_1}{2}$$

$$R_{A0} = R_{B0} = \frac{5 \text{ Kg}}{2}$$

$$R_{A0} = R_{B0} = 2.5 \text{ Kg}$$

Momento de Flexión

$$M_{f0} = R_{A0} * X$$

$$M_{f0} = (2.5 \text{ Kg})(80 \text{ cm})$$

$$M_{f0} = 200 \text{ Kg} - \text{cm}$$

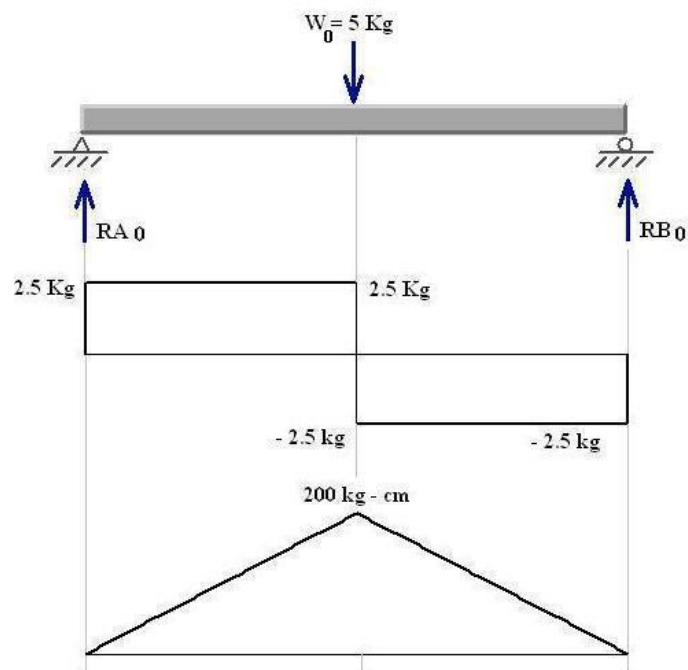


Figura 3. 9 Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector en el plano XY del marco fijo analizado en su centroide.

3.6.4 Momentos del marco fijo trasladado el peso w_1 a la distancia máxima en el eje z.

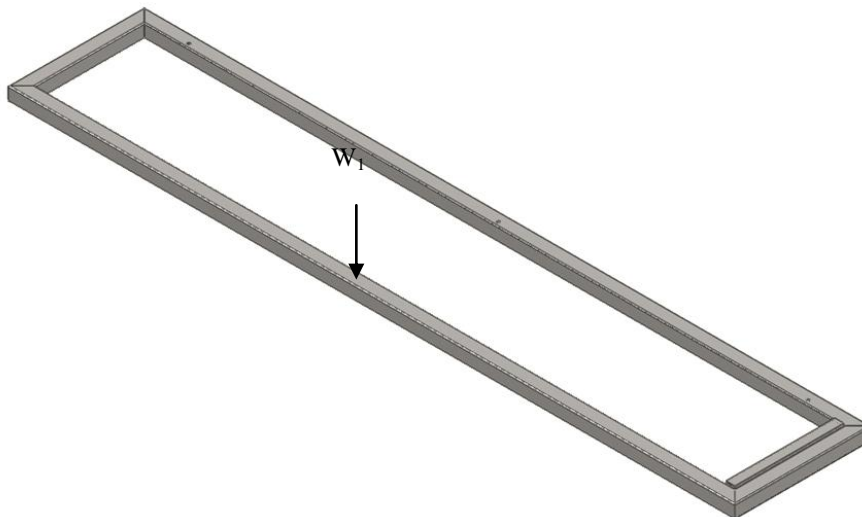


Figura 3. 10 Marco fijo – fuerza a la distancia máxima

Distancia a la cual se ubica el peso W_1

$$X_1 = 32.54 \text{ cm}$$

$$X_{\text{centroide}} = 30 \text{ cm} + 2.54 \text{ cm}$$

$$X_{\text{centroide}} = 32.54 \text{ cm}$$

Peso del marco fijo:

$$W_{\text{marco fijo}} = W_1 = 5 \text{ Kg} \quad (\text{Tubo estructural de } 30 \times 1.5 \text{ mm} - \text{Ver Anexo 2})$$

Por sumatoria de momentos:

PLANO YZ

$$\sum M_1 = W_1 * X_{m1}$$

$$M_1 = (5\text{Kg})(32.54 \text{ cm})$$

$$M_1 = 162.7 \text{ Kg} - \text{cm}$$

PLANO XY

Calculando las reacciones se tiene:

$$R_{A1} = R_{B1} = \frac{W_1}{2}$$

$$R_{A1} = R_{B1} = \frac{5 \text{ Kg}}{2}$$

$$R_{A1} = R_{B1} = 2.5 \text{ Kg}$$

Momento de flexión

$$M_{f1} = R_{A1} * X_1$$

$$M_{f1} = (2.5 \text{ Kg})(80 \text{ cm})$$

$$M_{f1} = 200 \text{ Kg} - \text{cm}$$

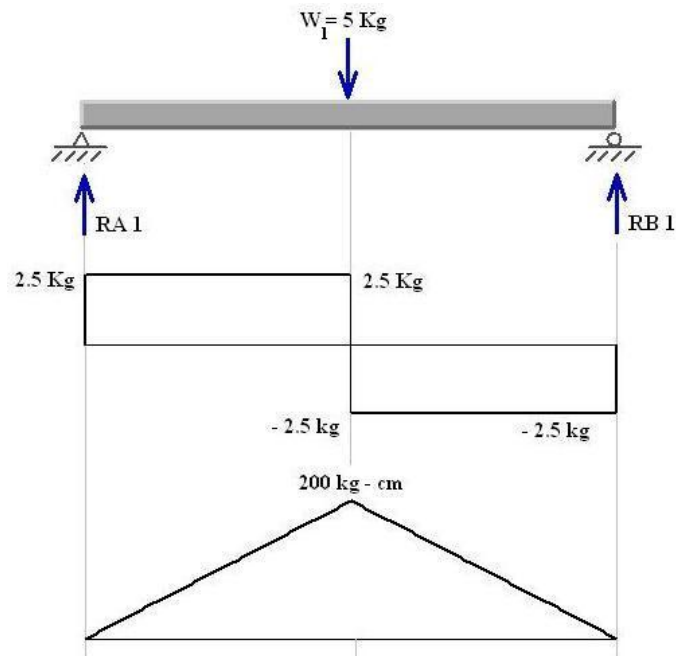


Figura 3. 11 Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector en el plano XY del marco fijo trasladado el peso W_1 a la distancia máxima en el eje Z.

3.6.5 Momentos provocados en los marcos fijos y móviles analizados en su centroide.

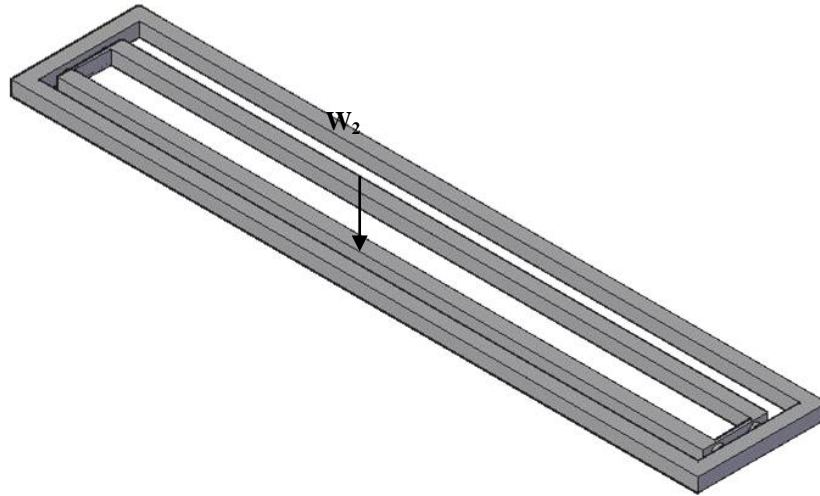


Figura 3. 12 Marco fijo y móvil

Distancia a la cual se ubica el peso W_2

$$X_2 = 18.56 \text{ cm}$$

$$X_2 = 18.56 \text{ cm} + 14 \text{ cm}$$

$$X_2 = 32.54 \text{ cm}$$

Sumatoria de Pesos:

$$W_{\text{total2}} = W_2 = W_{\text{fijo}} + W_{\text{movil}}$$

$$W_{\text{total2}} = W_2 = 5 \text{ Kg} + 4.32 \text{ Kg} \quad (\text{Tubo estructural de } 30 \times 1.5 \text{ mm} - \text{Ver Anexo 2})$$

$$W_{\text{total2}} = W_2 = 9.32 \text{ Kg}$$

Por sumatoria de momentos:

PLANO YZ

Momento de Torsión

$$\sum M_2 = W_2 * X_{m2}$$

$$M_2 = (5 \text{ Kg})(32.54 \text{ cm})$$

$$M_2 = 162.7 \text{ Kg} - \text{cm}$$

PLANO XY

Calculando las reacciones se tiene:

$$R_{A2} = R_{B2} = \frac{W_{\text{total2}}}{2}$$

$$R_{A2} = R_{B2} = \frac{9.32 \text{ Kg}}{2}$$

$$R_{A2} = R_{B2} = 4.66 \text{ Kg}$$

Momento de Flexión

$$M_{f2} = R_{A2} * X_2$$

$$M_{f2} = (4.66 \text{ Kg})(80 \text{ cm})$$

$$M_{f2} = 372.8 \text{ Kg} - \text{cm}$$

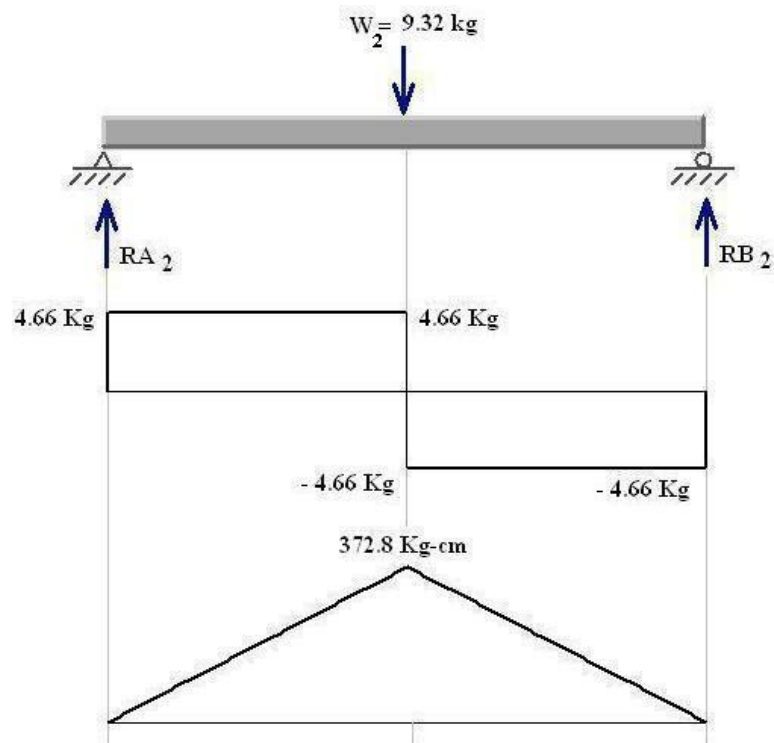


Figura 3. 13 Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector en el plano XY del momento en el marco fijo y móvil analizado en su centroide.

3.6.6 Momentos provocados por el tubo redondo.

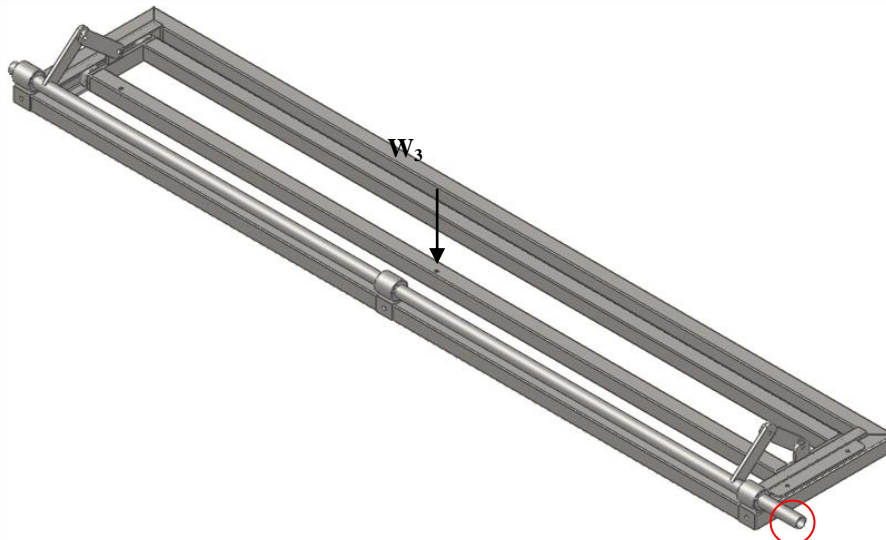


Figura 3. 14 Tubo redondo del mecanismo de apertura y retorno

Distancia a la cual se ubica el peso W_3

$$X_3 = 30 \text{ cm}$$

$$X_3 = 30 + 2.54 \text{ cm}$$

$$X_3 = 32.54 \text{ cm}$$

Peso del Tubo Redondo:

$$W_{\text{total3}} = W_3$$

$$W_{\text{total3}} = 1.6 \text{ Kg} \quad (\text{Tubo mecánico redondo – Ver Anexo 3})$$

Por sumatoria de momentos:

PLANO YZ

Momento de Torsión

$$\sum M_3 = W_3 + X_{m3}$$

$$M_3 = (1.6 \text{ Kg})(32.54 \text{ cm})$$

$$M_3 = 53.08 \text{ Kg} - \text{cm}$$

PLANO XY

Calculando las reacciones se tiene:

$$R_{A3} = R_{B3} = \frac{W_{\text{total}3}}{2}$$

$$R_{A3} = R_{B3} = \frac{1.6 \text{ Kg}}{2}$$

$$R_{A3} = R_{B3} = 0.8 \text{ Kg}$$

Momento de Flexión

$$M_{f3} = R_{A3} * X_3$$

$$M_{f3} = (0.8 \text{ kg})(80 \text{ cm})$$

$$M_{f3} = 64 \text{ Kg} - \text{cm}$$

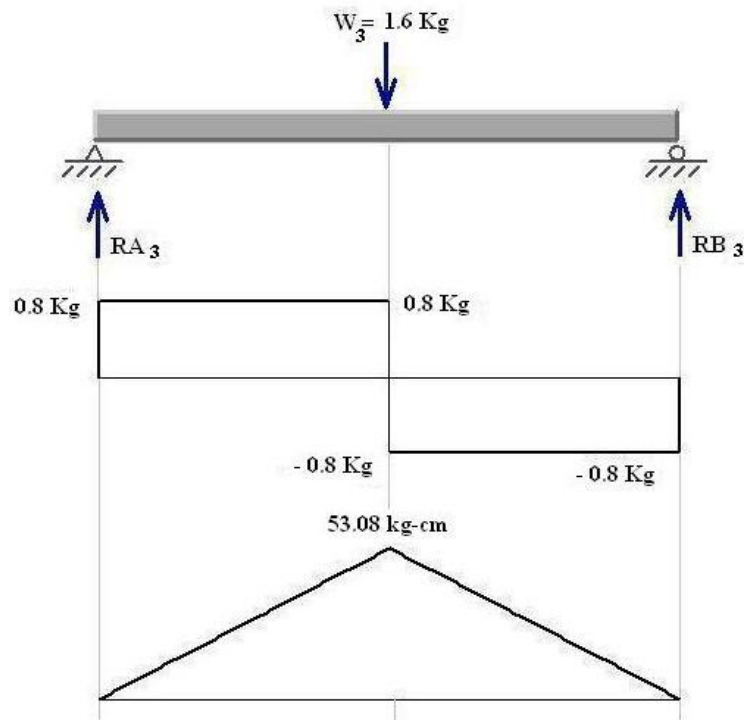


Figura 3. 15 Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector en el plano XY del tubo redondo

3.6.7 Momentos provocados por los ángulos y varillas.

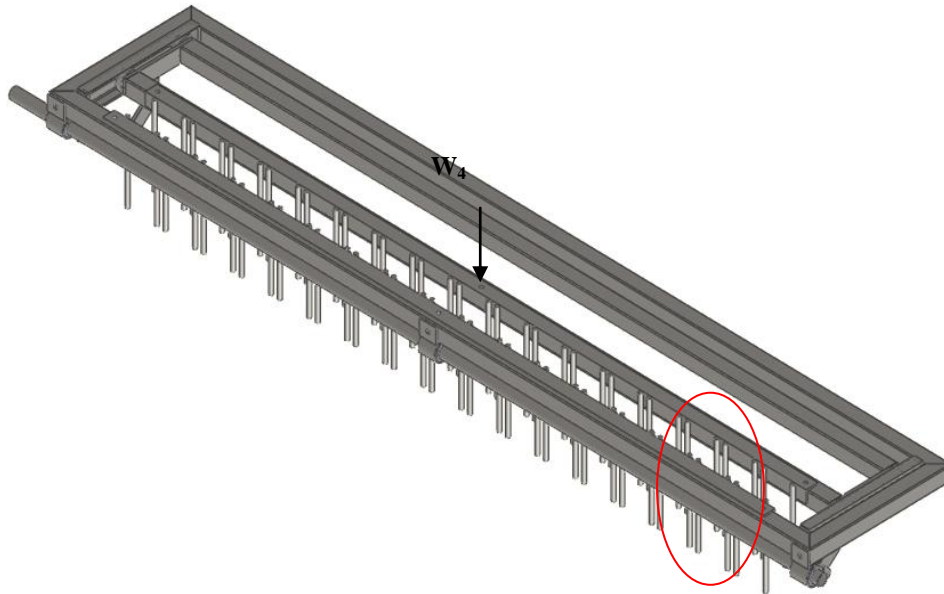


Figura 3. 16 Varillas y ángulos del mecanismo de apertura y retorno

Distancia a la cual se ubica el peso W_4

$$X_4 = 25.82 \text{ cm}$$

$$X_4 = 25.82 + 2.54 \text{ cm}$$

$$X_4 = 28.36 \text{ cm}$$

Sumatoria de Pesos:

$$W_{\text{total4}} = W_a = (W_{\text{ángulos}} + W_{\text{varillas}}) \quad (\text{Ángulos y Varillas – Ver Anexo 4 y 5})$$

$$W_{\text{total4}} = W_4 = (2.492 \text{ Kg} + 3.792 \text{ Kg})$$

$$W_{\text{total4}} = W_4 = 6.28 \text{ Kg}$$

Por sumatoria de momentos:

PLANO YZ

Momento de Torsión

$$\sum M_4 = W_4 * X_{m4}$$

$$M_4 = (6.28 \text{ Kg})(28.36 \text{ cm})$$

$$M_4 = 178.24 \text{ Kg – cm}$$

PLANO XY

Calculando las reacciones se tiene:

$$R_{A4} = R_{B4} = \frac{W_{\text{total4}}}{2}$$

$$R_{A4} = R_{B4} = \frac{6.28 \text{ Kg}}{2}$$

$$R_{A4} = R_{B4} = 3.14 \text{ Kg}$$

Momento de Flexión

$$M_{f4} = R_{A4} * X_4$$

$$M_{f4} = (3.14 \text{ Kg})(80 \text{ cm})$$

$$M_{f4} = 251.36 \text{ Kg – cm}$$

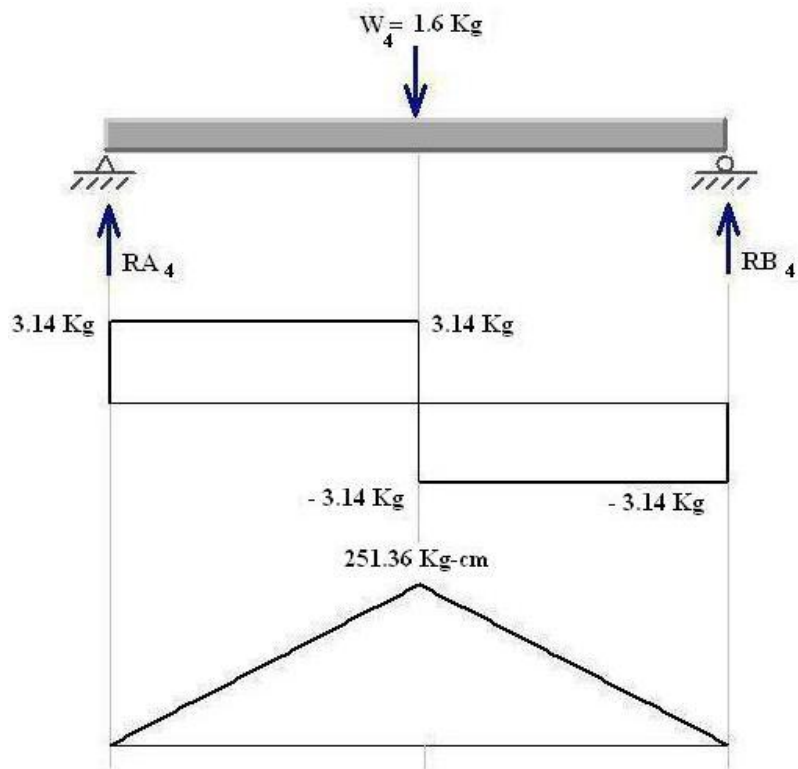


Figura 3. 17 Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector en el plano XY de los ángulos y varillas

3.6.8 Momentos provocados por los ángulos, varillas y fundas plásticas llenas.

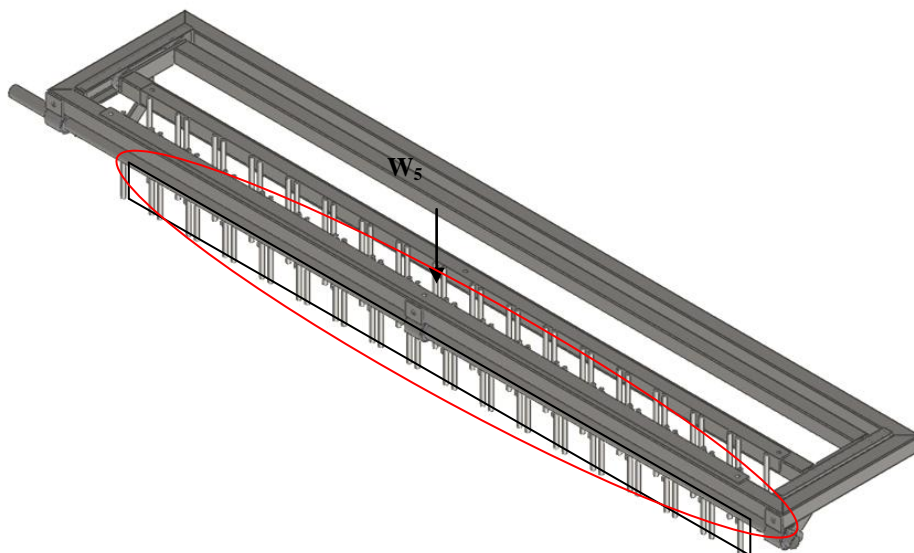


Figura 3. 18 Ángulos, varillas y fundas plásticas llenas

Distancia a la cual se ubica el peso W_5

Sumatoria de Pesos

Fuerza de apisonamiento:

$$X_5 = 22.82 + 2.54 \text{ cm}$$

$$X_5 = 25.36 \text{ cm}$$

$$W_{\text{apisonado}} = \frac{F_{\text{max}}}{\text{Longc/varilla}} * (\text{long Total}) = \frac{2.7 \text{ N}}{7 \text{ cm}} * \frac{1 \text{ Kg}}{9.81 \text{ N}} = 0.0393 \text{ Kg/cm} * 140 \text{ cm}$$

$$W_{\text{apisonado}} = 5.504 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{tierra}} = \frac{P_{\text{TIERRA}}}{\text{longc/varilla}} * (\text{long Total}) = \frac{0.811 \text{ Kg}}{7 \text{ cm}} * 140 \text{ cm}$$

$$W_{\text{tierra}} = 16.22 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{total5}} = W_5 = (W_{\text{ángulos}} + W_{\text{varillas}} + W_{\text{apisonado}} + W_{\text{tierra}})$$

$$W_{\text{total5}} = W_5 = (2.492 \text{ Kg} + 3.792 \text{ Kg} + 5.504 \text{ Kg} + 16.22 \text{ Kg})$$

$$W_{\text{total5}} = W_5 = 28.00 \text{ Kg}$$

Por sumatoria de momentos:

$$\sum M_5 = W_5 * X_{m5}$$

$$M_5 = (28.00 \text{ Kg})(25.36 \text{ cm})$$

$$M_5 = 710.28 \text{ Kg} - \text{cm}$$

PLANO XY

Calculando las reacciones se tiene:

$$R_{A5} = R_{B5} = \frac{W_{\text{total5}}}{2}$$

$$R_{A5} = R_{B5} = \frac{28.00 \text{ Kg}}{2}$$

$$R_{A5} = R_{B5} = 14.00 \text{ Kg}$$

Momento de Flexión

$$M_{f5} = R_{A5} * X_5$$

$$M_{f5} = (14.00 \text{ kg})(80 \text{ cm})$$

$$M_{f5} = 1120.32 \text{ kg} - \text{cm}$$

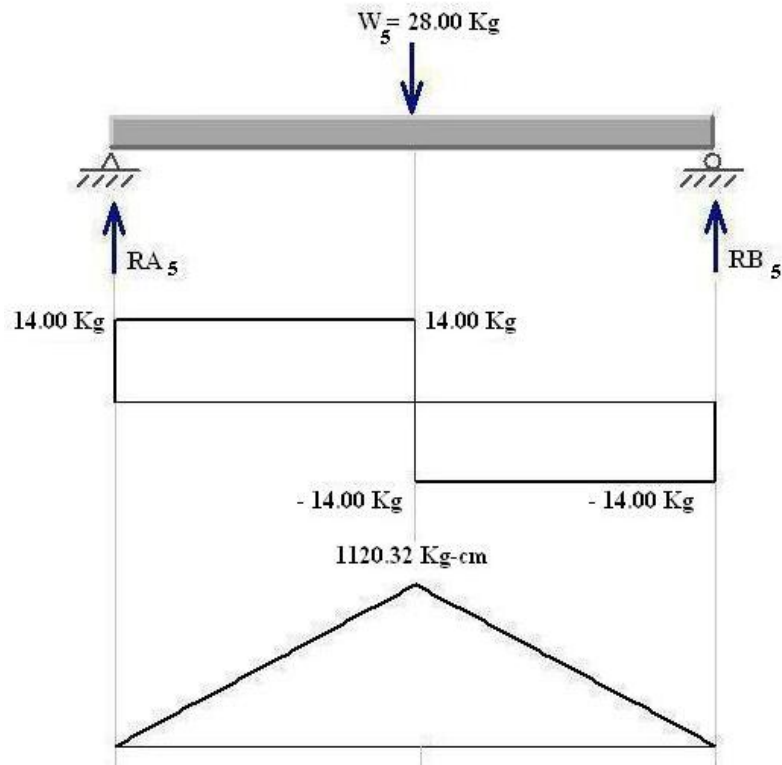


Figura 3. 19 Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector en el plano XY de los ángulos, varillas y fundas plásticas llenas

De este análisis realizado vemos que los mayores momentos tanto de torsión como de flexión ocurren cuando se colocan los ángulos, varillas y las fundas plásticas llenas de sustrato, pero ahora se requiere de un análisis total de la máquina en vista que los análisis anteriores se lo ha hecho en forma individual.

3.6.9 Análisis total de momentos máximos de torsión y flexión

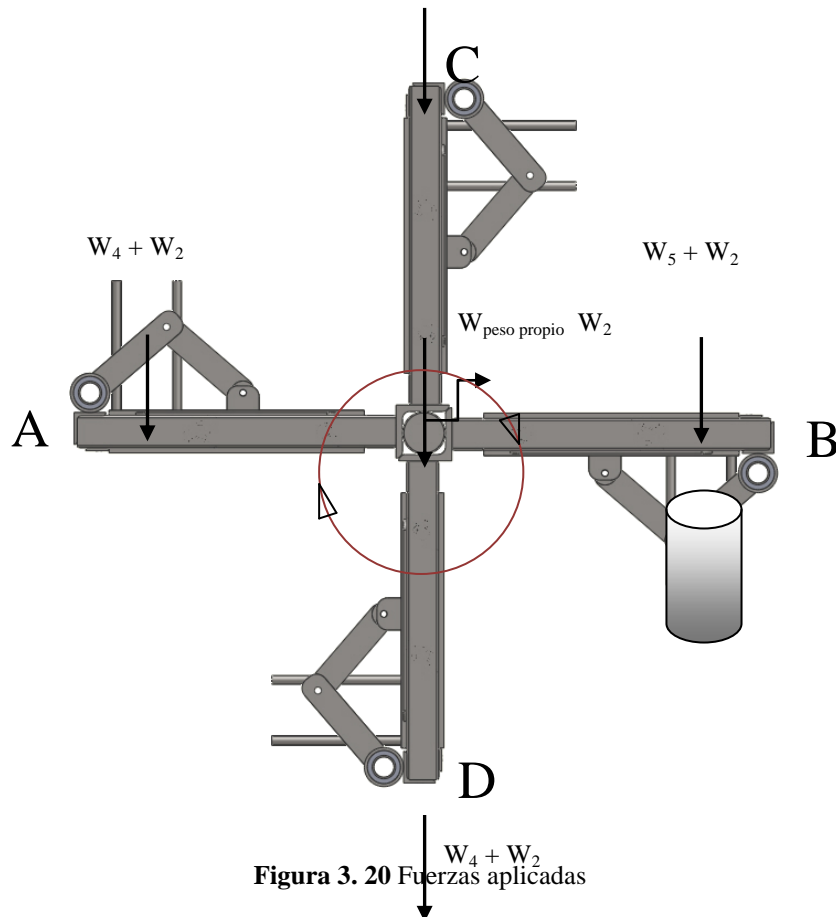


Figura 3. 20 Fuerzas aplicadas

PLANO YZ

En este plano el mayor momento se genera en el lado “B”, pero también existe un momento contrario en el lado “A”, por lo tanto la diferencia de momentos es el resultante correcto para nuestro análisis de la torsión que se genera.

Momento total para el análisis de la torsión

$$M_{\text{TOTAL}} = M_5 - (M_4 + M_2)$$

$$M_{\text{TOTAL}} = 710.28 - (178.24 + 226.24)$$

$$M_{\text{TOTAL}} = 305.8 \text{ Kg} - \text{cm}$$

PLANO XY

Momento total para el análisis de la flexión

PESO TOTAL

$$W_{\text{TOTAL}} = (W_5 + W_2) + (W_4 + W_2) + (W_4 + W_2) + (W_4 + W_2) + W_{\text{Propio Peso}}$$

$$W_{\text{TOTAL}} = (28.00 + 9.32 + 6.28 + 9.32 + 6.28 + 9.32 + 6.28 + 9.32 + 13.67)$$

$$W_{TOTAL} = 97.81 \text{ Kg}$$

PLANO XY

Calculando las reacciones se tiene:

$$R_{A5} = R_{B5} = \frac{W_{TOTAL}}{2}$$

$$R_{A5} = R_{B5} = \frac{97.81 \text{ Kg}}{2}$$

$$R_{A5} = R_{B5} = 48.90 \text{ Kg}$$

$$M_{TOTAL} = M_{TOTAL} * X$$

$$M_{TOTAL} = 48.90 \text{ Kg} * 80 \text{ cm}$$

$$M_{TOTAL} = 3912.4 \text{ Kg} - \text{cm}$$

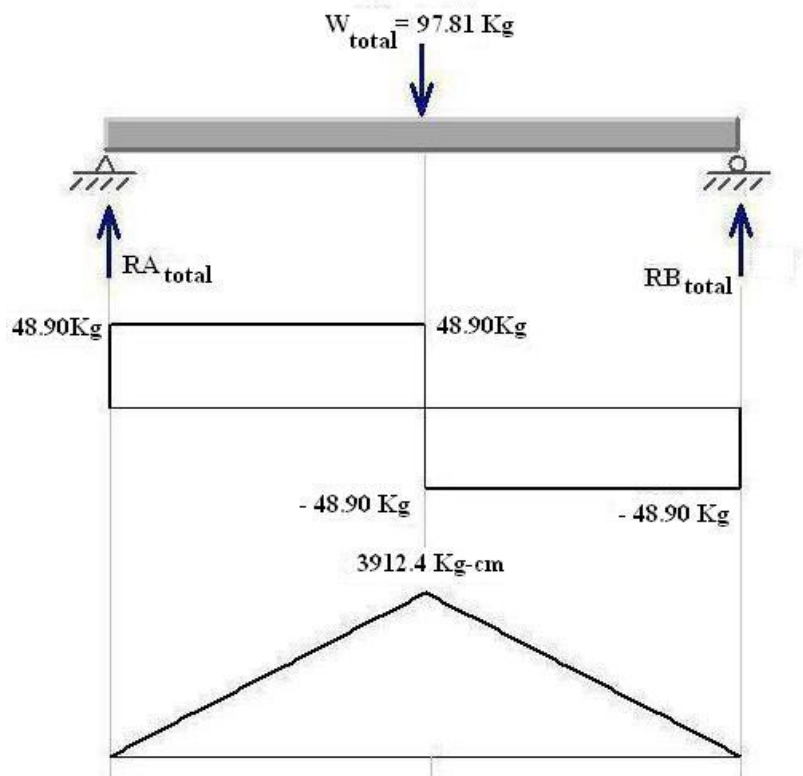


Figura 3. 21 Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector máximo en el plano XY de la torsión y flexión

Como resultado final se puede ver que el momento máximo de flexión tiene un valor de 3912.4 Kg-cm, y justamente este dato se convierte en el parámetro básico para el diseño del eje principal de la Enfundadora.

3.7 Diseño del eje principal

Usualmente un eje tiene una sección transversal circular y en él se montan elementos tales como engranajes, poleas, cadenas, etc. pero en el caso de la Enfundadora a más de estos elementos se requiere para que en él se pueda adherir los marcos fijo y móvil, siendo necesario entonces la utilización de una sección cuadrada en vista que los marcos se colocan a 90° cada uno van a estar soldados en este eje. Como se presenta en la figura 3.20.

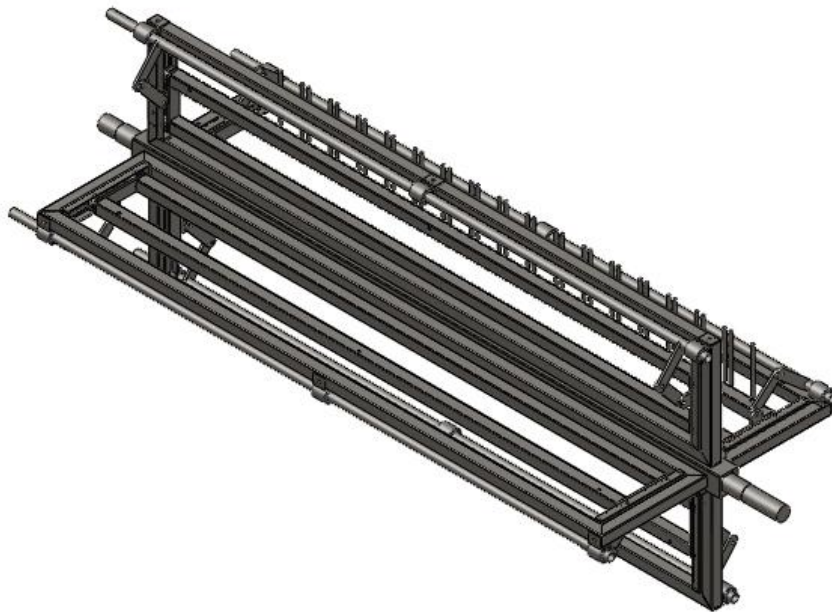


Figura 3. 22 Eje principal con marcos fijos y móviles

Para su análisis se procede de la siguiente manera:

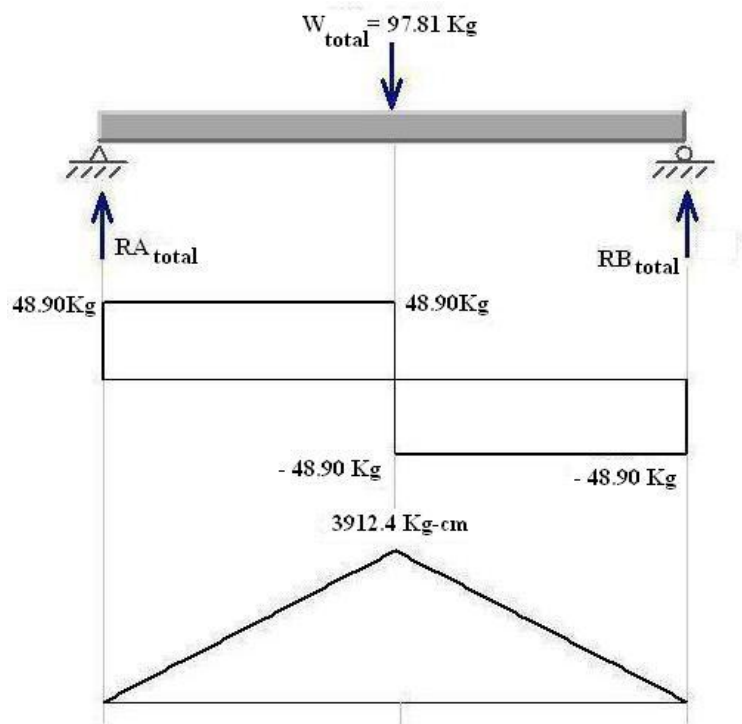


Figura 3. 23 Diagrama de cuerpo libre, cortante y momento flector máximo en el plano XY del eje principal de sección transversal tubular cuadrada.

Calculando las reacciones se tiene.

$$R_{A5} = R_{B5} = \frac{W_{TOTAL}}{2}$$

$$R_{A5} = R_{B5} = \frac{97.81 \text{ Kg}}{2}$$

$$R_{A5} = R_{B5} = 48.90 \text{ Kg}$$

De la sección del eje se tiene:

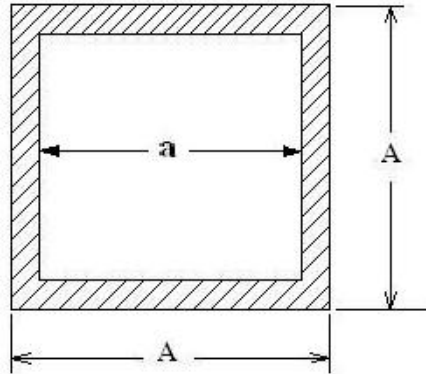


Figura 3. 24 Sección trasversal de eje principal

$$I = \frac{A^4 - a^4}{12}$$

$$\frac{(56.8)^4 - (44)^4}{12}$$

$$(3.9) \quad I =$$

$$I = 56.20 \text{ cm}^4$$

$$C = \frac{A}{2} = \frac{5.71}{2} \text{ cm} = 2.85 \text{ cm}$$

Momento Máximo de Flexión

$$M_{MÁXIMO \text{ TOTAL}} = R_{A5} * X_{media}$$

$$M_{MÁXIMO \text{ TOTAL}} = 48.90 \text{ Kg} * 80 \text{ cm}$$

$$M_{MÁXIMO \text{ TOTAL}} = 3912.4 \text{ Kg} - \text{cm}$$

Momento Mínimo de Flexión

$$M_{MÍNIMO \text{ TOTAL}} = M_{f2} = R_{A2} * X_2$$

$$M_{MÍNIMO \text{ TOTAL}} = M_{f2} = (4.66 \text{ Kg})(80 \text{ cm})$$

$$M_{MÍNIMO \text{ TOTAL}} = M_{f2} = 372.8 \text{ Kg} - \text{cm}$$

Análisis de esfuerzos

$$\sigma_{máx} = \frac{M_{máx} * C}{I} \quad (3.10a)$$

$$\sigma_{máx} = \frac{(3912.4 \text{ kg} - \text{cm}) * (2.85 \text{ cm})}{56.20 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma_{máx} = 198.404 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{mín} = \frac{M_{mín} * C}{I} \quad (3.10b)$$

$$\sigma_{mín} = \frac{(372.8 \text{ kg} - \text{cm}) * (2.85)}{56.20 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma_{mín} = 18.90 \text{ Kg/cm}^2$$

Según la teoría de los esfuerzo cortante máximo (TRESCA)

$$\sigma_{equivalente A} = \sqrt{(\sigma_{fa} + \sigma_{aa}) + 4(\tau_{Ta} + \tau_{Tca})} \quad (3.11a)$$

✓ Al no existir cargas axiales, porque lateralmente no se ejerce fuerza alguna, ni esfuerzos de corte, de la ecuación 3.11a se tiene como resultado:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \sigma_{\text{equivalente A}} \quad (3.12a)$$

$$\sigma_a = \frac{198.404 - 18.90}{2} = 89.752 \text{ Kg/cm}$$

Entonces:

$$\sigma_{\text{equivalente A}} = 89.752 \text{ Kg/cm}$$

$$\sigma_{\text{equivalente M}} = \sqrt{(\sigma_{fm} + \sigma_{am})^2 + 4(\tau_{Tm} + \tau_{Tcm})^2} \quad (3.11b)$$

✓ Al no existir cargas axiales, porque lateralmente no se ejerce fuerza alguna, ni esfuerzos de corte, de la ecuación 3.11b se tiene como resultado:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad (3.12b)$$

$$\sigma_m = \frac{198.404 + 18.90}{2} = 108.65 \text{ Kg/cm}$$

Entonces:

$$\sigma_{\text{equivalente M}} = 108.65 \text{ Kg/cm}$$

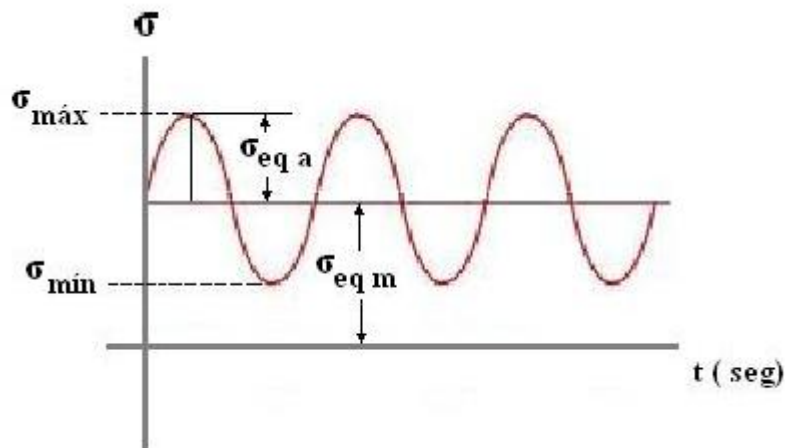


Figura 3. 25 Fluctuación del eje principal

Según Goodman

$$\frac{\sigma_{\text{equivalente A}}}{S_e} + \frac{\sigma_{\text{equivalente M}}}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (3.13)$$

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_g * S'_e \quad (3.14)$$

Factor de superficie (Ver Anexo 6)

$$k_a = 0.7 \text{ laminado en caliente}$$

Factor de tamaño

$$k_b = 1.189(d_{\text{equi}})^{-0.097} = 0.819$$

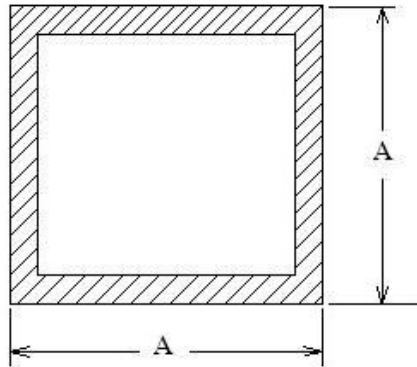


Figura 3. 26 Sección Trasversal de sección tubular cuadrada

$$d_{\text{equi}} = 0.808 * A \text{ (mm)}$$

$$d_{\text{equi}} = 0.808 * (57.1) \text{ mm}$$

$$d_{\text{equi}} = 46.1368 \text{ mm} = 4.61 \text{ cm}$$

$$k_b = 1.189(46.136 \text{ mm})^{-0.097} = 0.819$$

Factor de confiabilidad (Ver Anexo 7)

$$k_c = 0.814 \text{ para } R = 99\%$$

Factor de temperatura

$$k_d = 1$$

$$k_g = 0.9 \text{ Recomendado}$$

Factor de concentración de tensiones

$$k_e = 0.4 \text{ Normal}$$

$$S'_e = 0.5 S_{ut} = 0.5(58000) \text{ lb/pulg}^2 \quad (3.15)$$

$$S_e = (0.7)(0.819)(0.814)(1)(1)(0.4)(2038.55) \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_e = 380.53 \text{ Kg/cm}^2$$

Entonces:

$$\frac{89.752}{380.53} + \frac{108.652}{2038.55} = \frac{1}{n}$$

$$n = 3.46 \text{ok}$$

Con este resultado se comprueba que el diseño realizado es adecuado, en vista que el valor numérico obtenido sobrepasa la unidad, es decir se asegura contra condiciones inciertas o desconocidas que puedan afectar el buen funcionamiento de la máquina.

3.8 Diseño de los ejes extremos donde se realiza el acople con el eje principal [7]

Los resultados del diseño del eje principal son los necesarios para el análisis y diseño de los ejes extremos, pues en ellos recae todo el peso que posee el eje tubular cuadrado conjuntamente con todos los componentes del mecanismo de apertura de las fundas plásticas.

Las reacciones encontradas en el eje principal de sección tubular cuadrada, son las que en los ejes extremos deben generarse para mantener las condiciones de equilibrio, por lo tanto el análisis se lo realiza de la siguiente manera tanto para el eje extremo izquierdo como derecho:

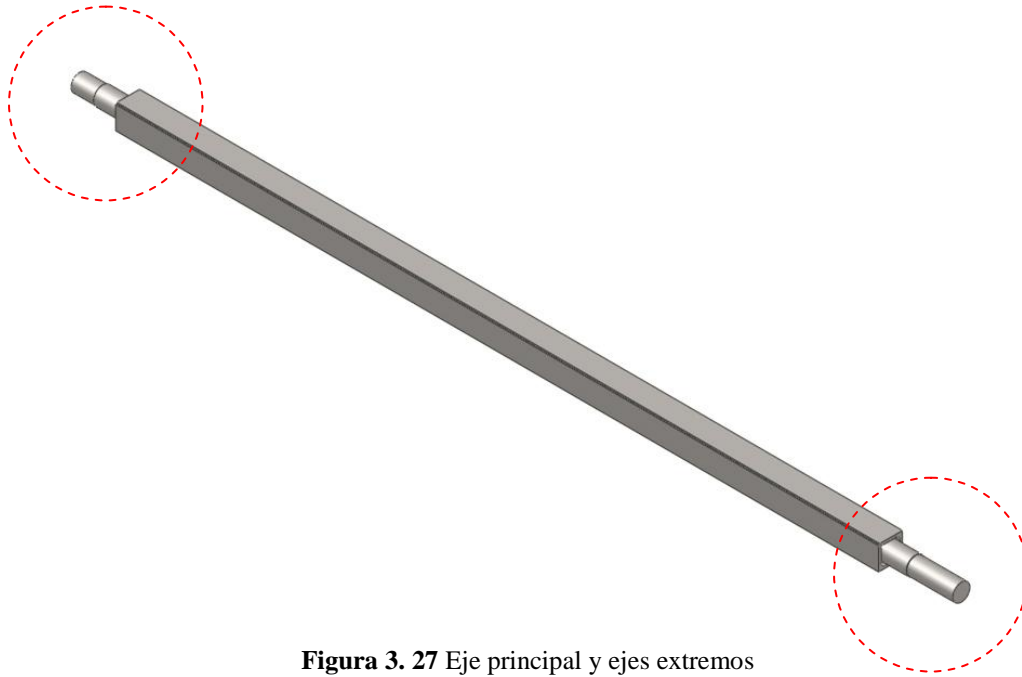


Figura 3. 27 Eje principal y ejes extremos

Calculando las reacciones se tiene:

Estas resultan ser las reacciones máximas.

$$R_{A5} = R_{B5} = \frac{W_{TOTAL}}{2}$$

$$R_{A5} = R_{B5} = \frac{97.81 \text{ Kg}}{2}$$

$$R_{A5} = R_{B5} = 48.90 \text{ Kg}$$

Estas resultan ser las reacciones máximas.

$$R_{Amáx} = R_{Bmáx} = 48.9 \text{ Kg}$$

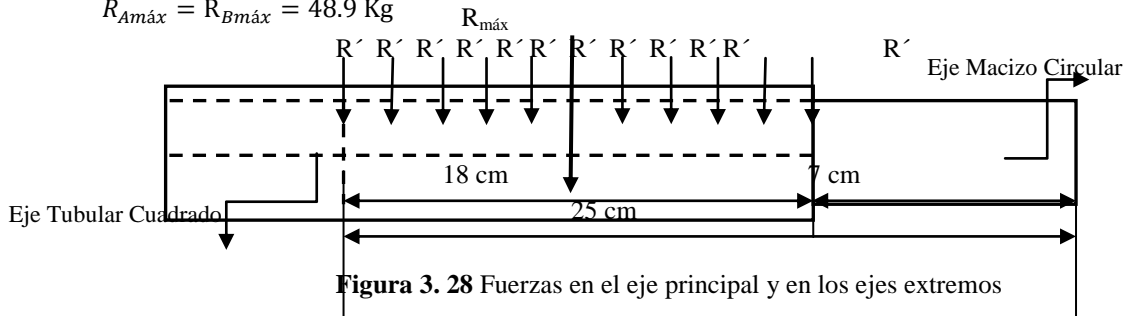


Figura 3. 28 Fuerzas en el eje principal y en los ejes extremos

Como carga Distribuida se tiene:

$$R^I_{Amáx} = \frac{R_{Amáx}}{Long.Medía} = \frac{48.90 \text{ Kg}}{18 \text{ cm}} = 2.766 \text{ Kg/cm}$$

$$X_{media} = 25 \text{ cm} - 9 \text{ cm} = 16 \text{ cm}$$

$$W_{peso} = \frac{(4.66 + 13.67)}{2} = 9.165 \text{ Kg} = R_{Amín}$$

Momento Máximo de Flexión

$$M_{MAXIMO\ TOTAL} = R_{Amáx} * X_{media}$$

$$M_{MAXIMO\ TOTAL} = 48.9 \text{ Kg} * 18 \text{ cm} = 782.4 \text{ Kg} - \text{cm}$$

Momento Mínimo de Flexión

$$\begin{aligned}M_{\text{MÍNIMO TOTAL}} &= R_{\text{Amin}} * X_{\text{media}} \\M_{\text{MÍNIMO TOTAL}} &= 9.165 \text{ Kg} * 16 \text{ cm} \\M_{\text{MÍNIMO TOTAL}} &= 156.64 \text{ kg} - \text{cm}\end{aligned}$$

Análisis de esfuerzos

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{máx}} &= \frac{M_{\text{máx}} * C}{I} \\&= \frac{(782.4 \text{ kg} - \text{cm}) * \left(\frac{d}{2}\right) * 64}{\pi * d^4} \\&= \frac{7969.46}{d^3} \text{ Kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{mín}} &= \frac{M_{\text{mín}} * C}{I} \\&= \frac{(146.64 \text{ kg} - \text{cm}) * \left(\frac{d}{2}\right) * 64}{\pi * d^4} \\&= \frac{1493.66}{d^3} \text{ Kg/cm}^2\end{aligned}$$

Según la teoría de los esfuerzo cortante máximo (TRESCA)

$$\sigma_{\text{equivalente A}} = \sqrt{(\sigma_{fa} + \sigma_{aa}) + 4(\tau_{Ta} + \tau_{Tca})}$$

Al no existir cargas axiales porque lateralmente no se ejerce fuerza alguna, ni esfuerzos de corte, de la ecuación 3.11a se tiene como resultado:

$$\begin{aligned}\sigma_a &= \frac{\sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}}}{2} \\&= \frac{\frac{7969.46}{d^3} - \frac{1493.66}{d^3}}{2} \\&= \frac{3238.23}{d^3}\end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{equivalente A}} &= \sigma_a = \frac{3238.23}{d^3} \\ \sigma_{\text{equivalente M}} &= \sqrt{(\sigma_{fm} + \sigma_{am}) + 4(\tau_{Tm} + \tau_{Tcm})}\end{aligned}$$

Al no existir cargas axiales porque lateralmente no se ejerce fuerza alguna ni esfuerzos de corte, de la ecuación 3.11b se tiene como resultado:

$$\begin{aligned}\sigma_m &= \frac{\sigma_{\text{máx}} + \sigma_{\text{mín}}}{2} \\&= \frac{\frac{7969.46}{d^3} + \frac{1493.66}{d^3}}{2} \\&= \frac{4736.15}{d^3}\end{aligned}$$

Entonces:

$$\sigma_{\text{equivalente M}} = \sigma_m = \frac{4736.15}{d^3}$$

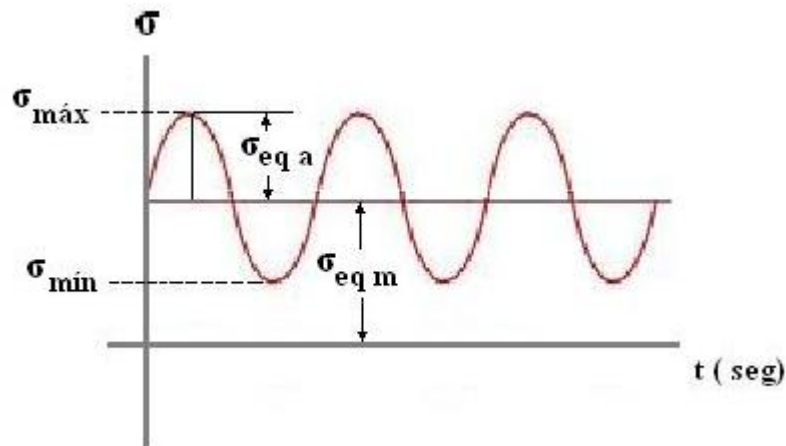


Figura 3. 29 Fluctuación de los ejes extremos

Según Goodman

$$\frac{\sigma_{\text{equivalente A}}}{S_e} + \frac{\sigma_{\text{equivalente M}}}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

Tomando como diámetro:

$d = 3.5 \text{ cm}$

$$\sigma_{eq \ a} = \frac{3238.23}{d^3} = \frac{3238.23}{(3.5\text{cm})^3} = 75.527 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{eq \ m} = \frac{4736.15}{d^3} = \frac{4736.15}{(3.5\text{cm})^3} = 110.464 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_g \cdot S'_e$$

Factor de superficie (Ver Anexo 6)

$k_a = 0.7$ laminado en caliente

Factor de tamaño

$$k_b = 1.189(35\text{mm})^{-0.097} = 0.84$$

Factor de confiabilidad (Ver Anexo 7)

$k_c = 0.814$ para $R = 99\%$

Factor de temperatura

$k_d = 1$ Factor de Temperatura

$k_g = 0.9$ Recomendado

Factor de concentración de tensiones

$k_e = 0.4$ Normal

$$S'_e = 0.5S_{ut} = 0.5(58000) \text{ lb/pulg}^2 = 2038.55 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_e = (0.7)(0.84)(0.814)(1)(0.9)(0.4)(2038.55) \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_e = 351.2579 \text{ Kg/cm}^2$$

Entonces:

$$\frac{75.527}{351.257} + \frac{110.464}{2038.55} = \frac{1}{n}$$

$$n = 3.7 \text{ok}$$

Con este resultado se comprueba que el diseño realizado es adecuado, en vista que el valor numérico obtenido sobrepasa la unidad, es decir se asegura contra condiciones inciertas o desconocidas que puedan afectar el buen funcionamiento de la máquina.

3.9 Diseño del mecanismo de apertura y retorno trinquete

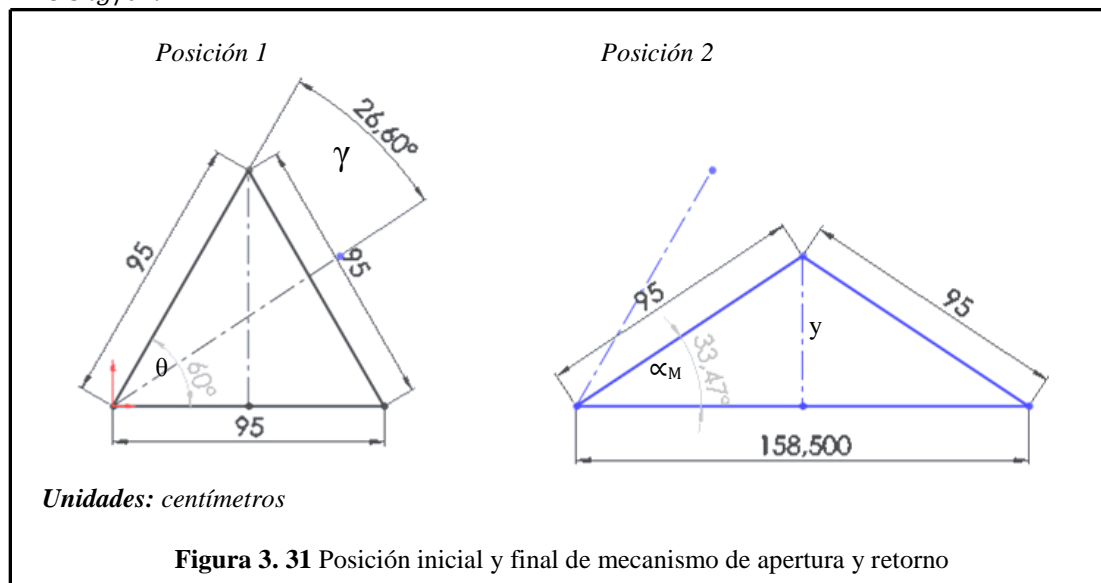
Básicamente este diseño se hace desde un punto de vista geométrico, fundamentándose en un mecanismo que logre la apertura necesaria para una completa sujeción de la funda plástica.



Para obtener la fuerza que se requiere para dar apertura a las fundas plásticas, fue necesario realizar un experimento en el laboratorio de física y ayudados de dinamómetros se obtuvo el siguiente resultado:

Fuerza requerida para la apertura total de la funda plástica.

$$F = 3.5 \text{ kg/cm}$$



θ = ángulo de inicio

γ = ángulo de recorrido

 $\alpha_M = \text{ángulo final}$

$y =$ lado común en la posición 2

El movimiento se da de la posición 1 a la posición 2, en la posición 1 se forma un triángulo equilátero, mientras que al llegar a la posición 2 se forma un triángulo isósceles.

Con este análisis se pretende encontrar los ángulos que se forman tanto en la posición 1 como en la posición 2.

Triángulo Equilátero

$$\theta = 60^\circ$$

$$\gamma = 60^\circ - 33,4^\circ$$

$$\gamma = 26,6^\circ$$

Triángulo Isósceles

$$\operatorname{tg} \propto \frac{y}{7,925}$$

$$y = \sqrt{9,5^2 - 7,925^2}$$

$$y = 5,238 \text{ cm}$$

$$\alpha_M = \operatorname{tg}^{-1} \frac{5,238}{7,925} = 33,4^\circ$$

3.9.1 Análisis de deformación de la funda plástica [6]

$$\varepsilon = \frac{\delta}{\ell_{\text{inicial}}} \leftrightarrow \delta = \frac{F \cdot \ell_{\text{inicial}}}{A \cdot E} \quad (3.16)$$

$$\delta = \frac{(5,1002 \text{ kg})(7,35 \text{ cm}) \cdot \text{cm}^2}{(339,29 \text{ cm}^2)(8163,26 \text{ kg})}$$

$$\delta = 1,3534 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

$$\varepsilon = \frac{1,3534 \times 10^{-5} \text{ cm}}{6,35 \text{ cm}} \rightarrow 2,13 \times 10^{-6}$$

$$E = 0,8 \text{ GPa.} \quad (\text{Ver Anexo I})$$

$$E = 0,810^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * \frac{\text{kg}}{9,8 \text{ N}} * \frac{\text{m}^2}{(100 \text{ cm})^2}$$

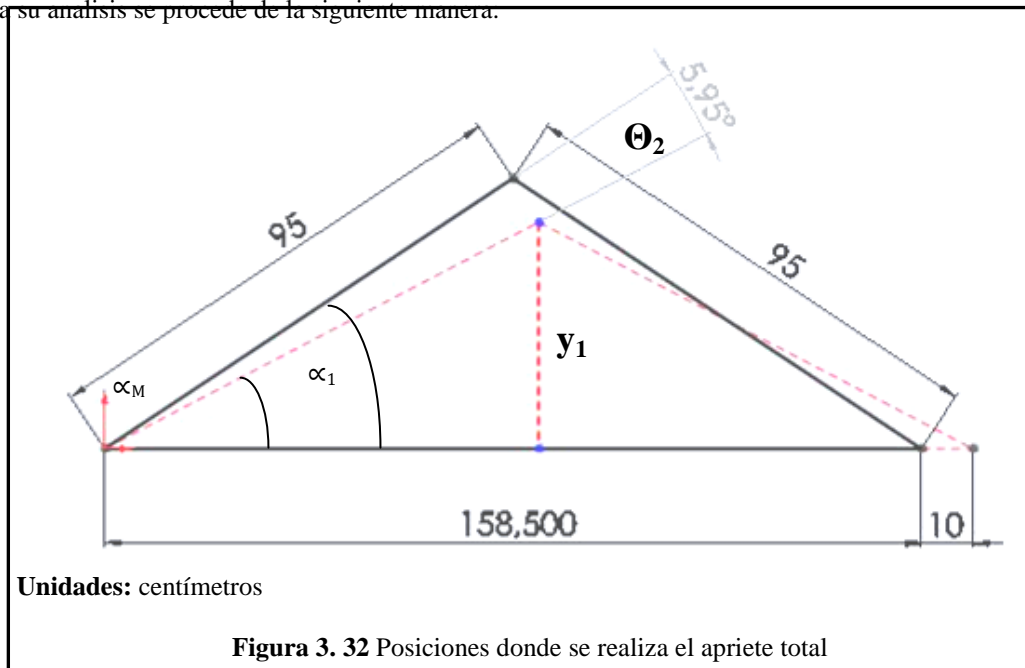
$$E = 8163,26 \text{ kg/cm}^2$$

3.9.2 Diseño de Pinoñ

3.9.2.1 Determinación del diametro y paso diametral del piñón

Para obtener un ajuste total en el ángulo θ_2 debe tenerse un mínimo de dos dientes en vista que el movimiento lineal del eje móvil depende directamente del movimiento circular del piñón en el mecanismo de apriete (trinquete).

Para su análisis se procede de la siguiente manera.



$$\alpha_M = \text{ángulo inicial de apriete} = \alpha_2$$

$$\alpha_1 = \text{ángulo final de apriete}$$

$$\theta_2 = \text{ángulo de apriete (Paso diametral)}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{y_1}{8,425}$$

$$y_1 = \sqrt{9,5^2 - 8,425^2}$$

$$y_1 = 4,389 \text{ cm}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \frac{4,389}{8,425}$$

$$\alpha_1 = 27,517^\circ$$

$$\theta_2 = \alpha_M - \alpha_1$$

$$\theta_2 = 33,4^\circ - 27,517^\circ$$

$$\theta_2 = 5,88^\circ$$

Para encontrar el diámetro del piñón se realiza el análisis de la fuerza aplicada a lo largo de todo el marco móvil, la misma que da el apriete a las fundas plásticas y una vez alcanzado este requerimiento, la cuña penetra entre los dientes del piñón dándole firmeza y seguridad al apriete.

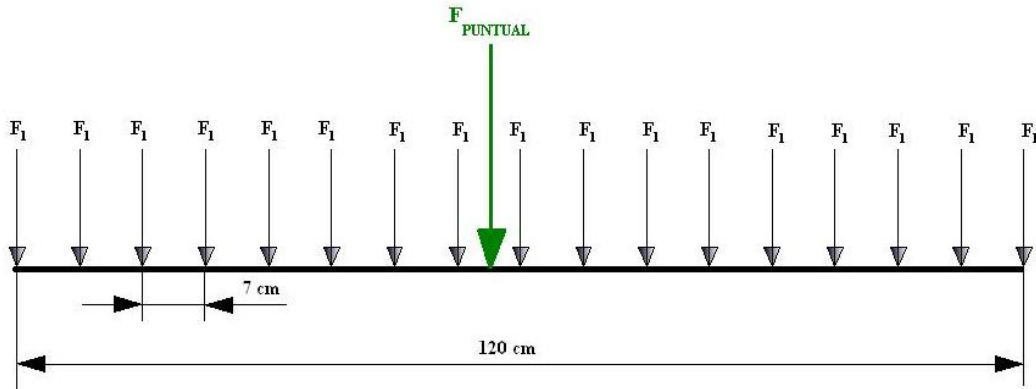


Figura 3.33 Fuerzas distribuidas y puntual en el mecanismo de apriete y retorno

Básicamente la fuerza de análisis es la del eje X en vista que el deslizamiento es horizontal, se tiene entonces:

$$F_{1(distribuida)} = \frac{0,78kg}{7cm}$$

$$F_{1dist} = 0,1114 \text{ kg/cm}$$

$$F_{PUNTUAL} = (0,1114) * (147cm) \text{ kg/cm}$$

$$F_{PUNTUAL1} = 16,38 \text{ kg/2}$$

$$F_1 = 8,19kg = F_x$$

Por el principio de transmisibilidad y tomando en cuenta la línea de acción se tiene que esta fuerza es tangencial en el piñón, por lo tanto:

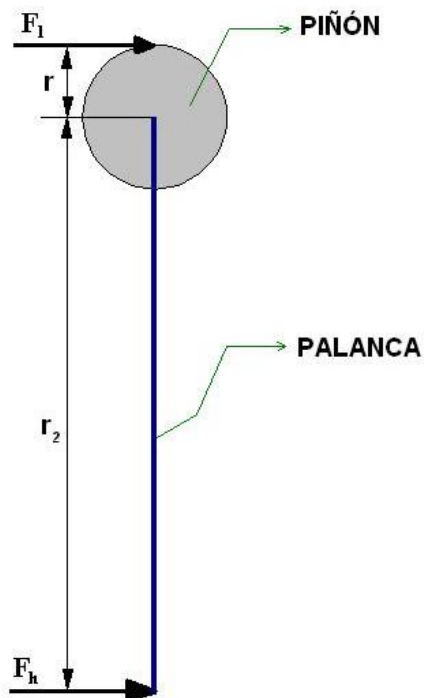


Figura 3. 34 Fuerzas ejercidas en el trinquete y la palanca de apriete

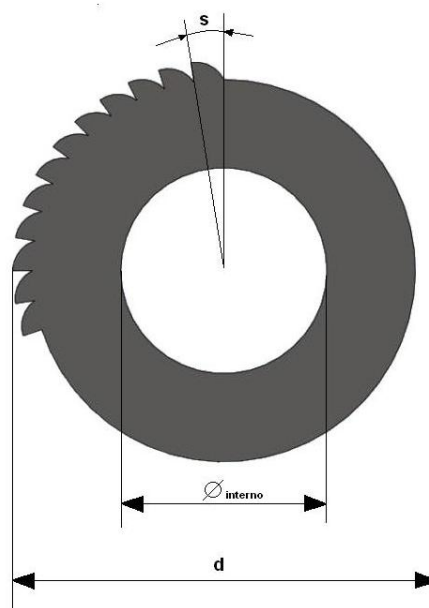


Figura 3. 35 Piñón del mecanismo de apertura y retorno

$r_1 = \text{Radio del piñón}$
 $r_2 = 20\text{cm} = \text{Radio de la palanca}$

Torque

$$T_0 = Fh * (r_2)$$

$$T_0 = 1.5\text{kg} * (20\text{cm})$$

(3.17)

$$T_0 = 30 \text{ kg.cm}$$

$$T_0 = T_1$$

$$T_1 = F_1 * r$$

$$r = \frac{30 \text{ kg.cm}}{8,19 \text{ kg}}$$

$$r = 3.66 \text{ cm}$$

$$d = 7.32 \text{ cm}$$

Ahora calculando el paso diametral se tiene:

$$S = r \cdot \theta \quad (3.18)$$

$$\theta = \frac{5^\circ * \pi}{180^\circ}$$

$$S = (36.6 \text{ mm}) \left(\frac{5^\circ * \pi}{180^\circ} \right)$$

$$S = 3.19 \text{ mm}$$

3.10 Selección de rodamientos y chumaceras [3]

Las cargas que se presentan en la enfundadora son netamente radiales, y al no existir cargas de tipo axial, como también al no estar la maquina sometida a altas revoluciones se realiza el siguiente análisis:

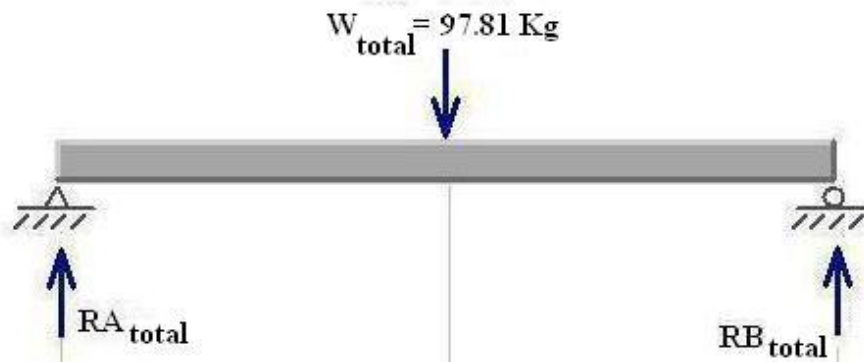


Figura 3. 36 Diagrama de cuerpo libre del eje principal

RODAMIENTO A

d = diámetro interno

N = numero de revoluciones por minuto

μ = coeficiente para acero lubricado

$$d = 1^{1/4} \text{ pulg.} = 3.175 \text{ cm}$$

$$N = 1 \text{ rpm}$$

$$R_{Ay} = 49 \text{ Kg} * \mu$$

Donde $\mu = 0.1$ Para acero lubricado

$$R_{Ay} = 4.9 \text{ Kg}$$

Fr = Fuerza radial aplicada

$$Fr = \sqrt{(R_{Ay})^2 + (R_{Az})^2} \quad (3.19)$$

$$R_{Az} = 0$$

Entonces:

$$Fr = R_{Ay}$$

$$Fr = R_{Ay} = 4.9 \text{ Kg}$$

3.10.1 Análisis dinámico

Carga radial equivalente

F_{axial} = Fuerza axial

$$F_{axial} = 0$$

$$P_o = \text{Carga estática equivalente}$$

$$X_o = \text{Factor radial para carga estática}$$

$$Y_o = \text{Factor de empuje para carga estática}$$

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a \quad (3.20)$$

Los rodamientos rígidos con una hilera de bolas de contacto angular soportan cargas radiales y axiales, tienen una adaptabilidad angular relativamente pequeña. Los rodamientos rígidos de bolas obturados están exentos de mantenimiento y posibilitan construcciones sencillas. Por su gran variedad de aplicaciones y debido a su precio económico, los rodamientos rígidos de fundas son los más usados entre todos los tipos de rodamientos.

Del catalogo general FAG. Se selecciona rodamientos FAG rígido de bolas que soportan las cargas solicitadas.

Entonces:

$$X_o = 1 \text{ Radial de bolas de contacto angular}$$

$$F_a = 0$$

$$P_o = 1 * R A_y$$

$$P_o = 4.9 \text{ Kg}$$

$$C = p * \frac{f_L}{f_n} \quad (3.21)$$

$C = \text{capacidad de carga dinámica}$
 $p = \text{factor de vida}$
 $f_L = 1 \text{ Contra suciedad} \quad (\text{Ver Anexo 8})$
 $f_n = \text{factor de velocidad} \quad (\text{Ver Anexo 8})$

$$f_n = \sqrt[p]{\frac{33 \frac{1}{3}}{n}} \quad (3.22)$$

$p = 3 \text{ exponente de vida} \quad (\text{Ver Anexo 9})$
 $n = \text{velocidad (rpm)}$

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33 \frac{1}{3}}{1}} = 2.22$$

$$C = 0.49 \text{ Kg} * \frac{1}{2.22} = 22.07 \text{ Kg} * \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ Kg}} = 216.3 \text{ N} = 0.2163 \text{ kN}$$

$$C = 0.2163 \text{ KN}$$

3.10.2 Análisis Estático

$$C_o = f_s * P_o \quad (3.23)$$

$f_s = \text{factor de esfuerzos estáticos}$
 $C_o = \text{Capacidad de carga estática}$
 $C_o = 1 * 0.4802 \text{ kN}$
 $C_o = 0.4802 \text{ kN}$

Del catalogo general FAG. Se selecciona rodamientos FAG rígido de bolas que soportan las cargas solicitadas.

Comprobando se tiene que:

$$C_{calculado} \circ C_{disponible}$$

$$C_{o calculado} \circ C_{o disponible}$$

3.11 Selección del soporte o chumacera [8]

Con el rodamiento seleccionado se procede a determinar el soporte o chumacera. La ubicación del soporte es de 180° y con el diámetro interno de los rodamientos se procede a seleccionar una chumacera CMB UCP 208-24. Anexo 10.

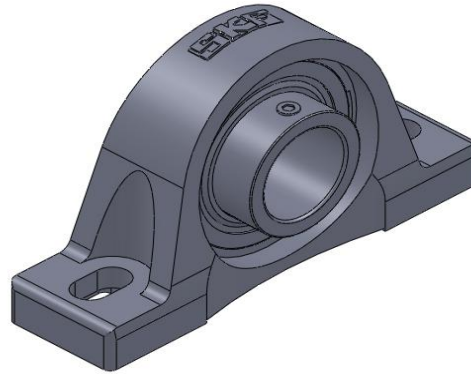


Figura 3. 37 Chumacera CMB UCP 208-24

3.12 Torque requerido para dar giro a la máquina [9]

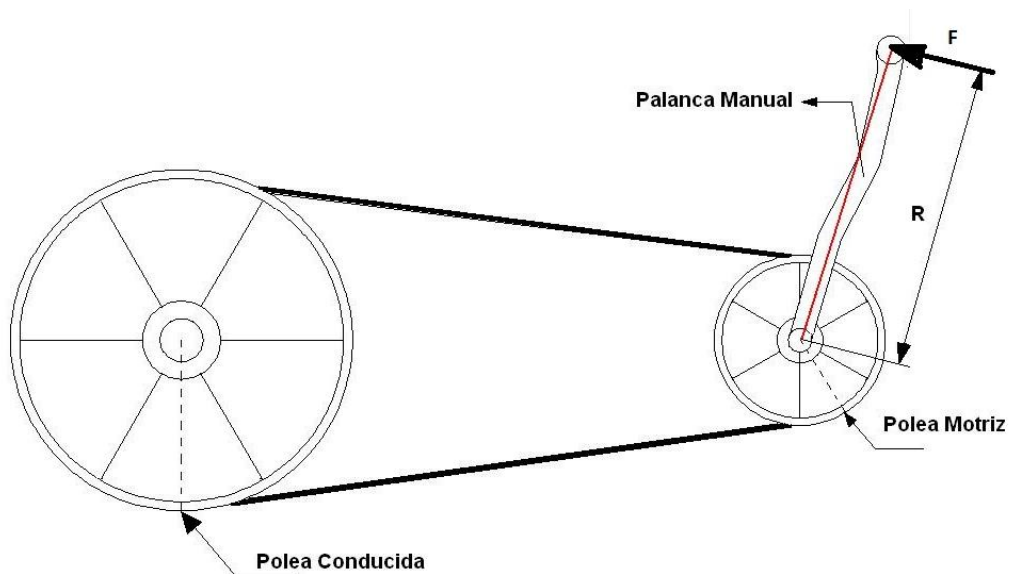


Figura 3. 38 Sistema de transmisión de movimiento rotacional

$$\begin{aligned}
 M_{\text{total giro}} &= (M_4 + M_2) + (M_4 + M_2) + (M_4 + M_2) + (M_4 + M_2) \\
 M_{\text{total giro}} &= (178.24 + 226.24) + (178.24 + 226.24) + (178.24 + 226.24) + \\
 &\quad (178.24 + 226.24) \\
 M_{\text{total giro}} &= 1618.008 \text{ Kg-cm}
 \end{aligned}$$

3.12.1 Torque mínimo requerido

$$T = 1618.008 \text{ Kg-cm}$$

$$T = F * \frac{d}{2}$$

$$F = \frac{2 * (1618.008 \text{ Kg} - \text{cm})}{25.4 \text{ cm}}$$

$$F = 12.74 \text{ Kg}$$

Esta fuerza es aquella que tiene que llegar desde la polea motriz

Calculando la potencia tenemos:

$$P = T * N \quad [hp] \quad (3.24)$$

$$N = 1 \text{ rpm}$$

$$T = F * \frac{d}{2} = 12 \text{ Kg} * \frac{25.4 \text{ cm}}{2}$$

$$T = 152.4 \text{ Kg} - \text{cm}$$

$$P = (152.4 \text{ Kg} - \text{cm}) * (1 \text{ rpm})$$

$$P = 0.0020 \text{ HP} = 2.09 * 10^{-3} \text{ HP}$$

El rendimiento de transmisión por banda es:

$$n = 95 \%$$

Entonces:

$$n = \frac{P. salida}{P. entrada} \quad (3.25)$$

$$0.95 = \frac{0.00209 \text{ HP}}{P. entrada}$$

$$P. entrada = 0.0022 \text{ HP} = 2.2 * 10^{-3} \text{ HP}$$

Relación de transmisión:

$$i = \frac{D}{d} \quad (3.26)$$

$$i = \frac{10}{5} = 2 \dots\dots\dots 1 \text{ etapa}$$

Entonces:

$$N. motriz = (2) (1 \text{ rpm})$$

$$N. motriz = 2 \text{ rpm}$$

$$T. entrada = \frac{P. entrada}{N. motriz} = \frac{2.2 * 10^{-3} \text{ HP}}{2 \text{ rpm}}$$

$$T. entrada = 82.94 \text{ Kg-cm}$$

Con este resultado se obtiene el radio suficiente y necesario para la construcción de la palanca para dar movimiento manual a la transmisión.

$$T. entrada = F_h * r$$

$$F_h = \text{Fuerza humana}$$

$$F_h = 3 \text{ kg}$$

$$R = \frac{T. entrada}{F_h}$$

$$R = \frac{82.94 \text{ Kg-cm}}{3 \text{ Kg}} = 27.64 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

3.13 Selección de resortes [4]

Los resortes a utilizarse en la máquina enfundadora son de suma necesidad, en vista que el retorno del mecanismo de apertura de las fundas plásticas se hace necesario para que en el lado posterior del llenado es donde se colocan y se aseguran las fundas plásticas, por tanta se requiere que las varillas tanto fijas como móviles estén unidas en su totalidad para que la penetración de las fundas a llenarse sea de fácil colocación.

Posición 1

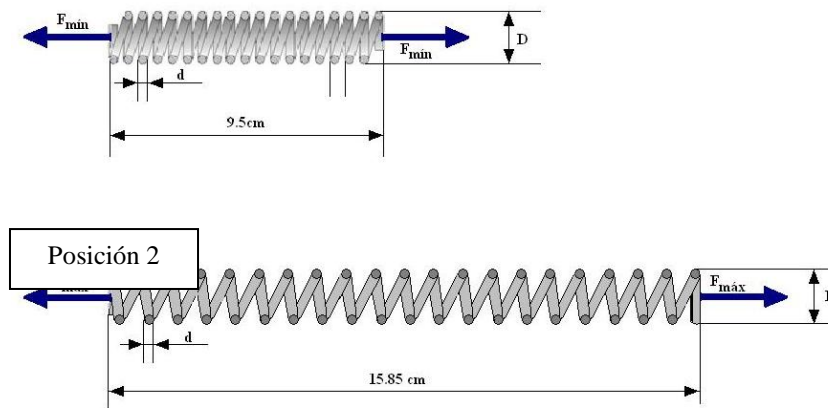


Figura 3. 39 Resortes del mecanismo de apertura y retorno

Existen dos posiciones primordiales de análisis de los resortes, en la posición 1 el resorte se encuentra en equilibrio, por lo tanto en el no se ejerce ningún tipo de fuerza; mientras que en la posición 2 el resorte se somete a una fuerza de tensión máxima igual a la necesaria para empujar el mecanismo de apertura y retorno, dando como resultado lo siguiente:

La constante de elasticidad o razón de los resortes viene dada por la siguiente expresión:

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 N} = \frac{\Delta F}{\Delta l} \quad (3.27)$$

Donde:

d = diámetro del alambre

G = Módulo de Rigidez del material

D = Diámetro de la espira

N = Número de espiras

ΔF = Diferencia de Fuerzas

Δl = Diferencia de Longitudes

Entonces:

$$F_{min} = 0 \text{ Kg}$$

$$F_{max} = 8.19 \text{ Kg}$$

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta l} = \frac{F_{max} - F_{min}}{l_{max} - l_{min}} \quad (3.28)$$

$$k = \frac{(8.19 - 0) \text{ Kg}}{(15.85 - 9.5) \text{ cm}}$$

$$k = 1.3 \text{ Kg/cm}$$

El índice del muelle es adimensional y viene dado por la siguiente expresión:

$$C = \frac{D}{d} \quad (3.29)$$

$C = 9.$ Se asume por recomendación de proporcionalidad fundamentada en el libro de Diseño en Ingeniería Mecánica JOSEPH E. SHIGLEY Cuarta Edición pág. 469

3.13.1 Analizando a fatiga

Esfuerzos equivalentes:

$$\tau_a = k_w \frac{8F_a D}{\pi d^3} \quad (3.30a)$$

$$\tau_m = \frac{F_a}{F_m} \tau_a \quad (3.30b)$$

Donde:

$$F_a = \frac{F_{m\acute{a}x} - F_{m\acute{i}n}}{2} \quad (3.31a)$$

$$F_m = \frac{F_{m\acute{a}x} + F_{m\acute{i}n}}{2} \quad (3.31b)$$

$$F_a = \frac{8.19 \text{ Kg} - 0 \text{ Kg}}{2}$$

$$F_a = 4.095 \text{ Kg} = F_m$$

$k_w = \text{Constante de Wahl}$

$$k_w = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0.615}{C}$$

$$k_w = \frac{4(9) - 1}{4(9) - 4} + \frac{0.615}{9}$$

$$k_w = 1.09375 + 0.06833$$

$$k_w = 1.162$$

Entonces:

$$\tau_a = 1.162 \frac{8(4.095 \text{ Kg})(9)}{\pi d^2} = \frac{109.05 \text{ Kg}}{d^2}$$

$$\tau_m = \frac{4.095 \text{ Kg}}{4.095 \text{ Kg}} * \frac{109.05 \text{ Kg}}{d^2} = \frac{109.05 \text{ Kg}}{d^2}$$

$$\tau_m = \tau_a$$

3.13.2 Límite de fatiga

$$S_{s_e} = k_c \frac{1}{k_f} S_{s'_e} \quad (3.32)$$

$$k_f = \frac{k_w}{k_s} \quad (3.33)$$

$k_f = \text{Factor por curvatura}$

$k_s = \text{Factor por cortante trasversal}$

$$k_s = 1 + \frac{0.5}{C} \quad (3.34)$$

$$k_s = 1 + \frac{0.5}{9}$$

$$k_s = 1.05$$

Calculando el factor de curvatura se tiene entonces:

$$k_f = \frac{1.162}{1.05} = 1.106$$

$k_c = \text{Factor de confiabilidad}$

$k_c = 0.869$ Para una confiabilidad del 95%

$$S_{s'_e} = 0.40 S_{ut} \quad (3.35)$$

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \quad (3.36)$$

Tomando como coeficiente del material a un alambre de piano Anexo 11 se tiene:

$$m = 0.146$$

$$A = 2170 \text{ MPa} = 22142.85 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_{ut} = \frac{22142.8}{d^{0.146}}$$

$$S_{s'_e} = 0.40 * \frac{22142.8}{d^{0.146}}$$

$$S_{s'_e} = \frac{8857.12}{d^{0.146}}$$

Entonces remplazando en la fórmula del límite de fatiga se tiene:

$$S_{se} = 0.869 \frac{1}{1.05} * \frac{8857.12}{d^{0.146}}$$

$$S_{se} = \frac{7330.32}{d^{0.146}}$$

Tomando un factor de seguridad contra la fluencia $n = 2$

$$n = \frac{S_{se}}{\tau_a} \quad (3.37)$$

$$n = \frac{\frac{7330.32 \text{ Kg}}{d^{0.146} \text{ cm}^2}}{\frac{109.05 \text{ Kg}}{d^2}}$$

$$d = 1.5 \text{ mm}$$

$$D = 13.5 \text{ mm}$$

El resorte seleccionado entonces posee los siguientes datos:

$D = 13.5 \text{ mm}$	$d = 1.5 \text{ mm}$
-----------------------	----------------------

3.14 Diseño de resortes helicoidales de torsión para el sistema de apisonado [2]

El mecanismo apisonador para el compactado de la tierra posee un peso representativo de 5,89kg que afecta directamente en su manipulación, provocando cansancio y fatiga al operador, por lo tanto para lograr un alivio en este trabajo, surge la necesidad de diseñar un par de resortes helicoidales de torsión, con los mismos que se logra disminuir los esfuerzos de trabajo, ya que la energía acumulada en las espiras arrollas se expande en dirección contraria a la gravedad.

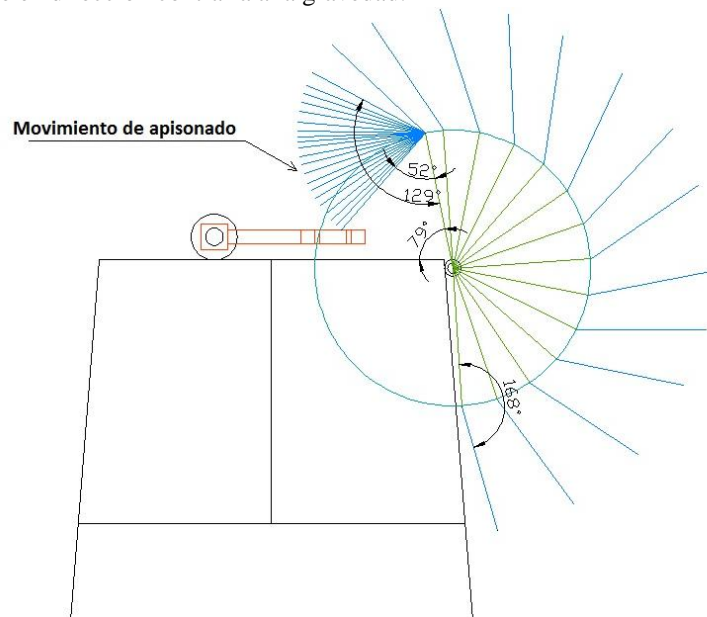


Figura 3. 40 Movimiento del apisonador

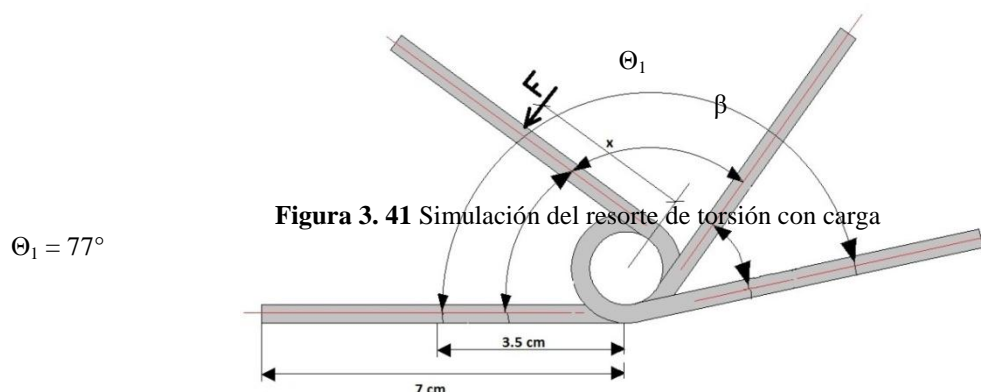


Figura 3. 41 Simulación del resorte de torsión con carga

$$\Theta_1 = 77^\circ$$

$$B = 39^\circ$$

3.14.1 Condición de diseño

“El apisonado debe darse en la oscilación de θ_1 , no debe sobrepasar los esfuerzos máximos de diseño en dicho ángulo, de lo contrario no sirve”

3.14.2 Esfuerzos de diseño:

Peso total de mecanismo apisonador:

$$P = 4.53\text{kg} = 10 \text{ libras}$$

Fuerza aplicada por el operador

$$F = 2.26\text{kg} = 5 \text{ libras}$$

Momento o par de torsión.

$$F_{\text{máx}} = 6.80\text{kg} = 15 \text{ libras}$$

$$F_{\text{mín}} = 4.53\text{kg} = 10 \text{ libras}$$

$$M_{\text{máx}} = F_{\text{máx}} * X$$

$$M_{\text{máx}} = 6.80\text{kg} * 3.5\text{cm}$$

$$M_{\text{máx}} = 23.81 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$M_{\text{mín}} = F_{\text{mín}} * X$$

$$M_{\text{mín}} = 4.53\text{kg} * 3.5\text{cm}$$

$$M_{\text{mín}} = 15.85 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$M_a = \frac{M_{\text{máx}} - M_{\text{mín}}}{2}$$

$$M_a = \frac{(23.81 - 15.85)\text{kg} - \text{cm}}{2}$$

$$M_a = 3.98 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$M_m = \frac{M_{\text{máx}} + M_{\text{mín}}}{2}$$

$$M_m = \frac{(23.81 + 15.85)\text{kg} - \text{cm}}{2}$$

$$M_m = 19.83 \text{ kg} - \text{cm}$$

Análisis de fatiga

$$\sigma_a = k_i \frac{32M_a}{\pi d^3} \quad 3.38$$

$$\sigma_m = \frac{M_a}{M_m} \sigma_a \quad 3.39$$

k_i = factor adimensional de corrección

$$k_i = \frac{4C^2 - C - 1}{4C(C - 1)} \quad 3.40$$

C = Índice del muelle

D = Diámetro de espiras

d = diámetro del alambre

$$C = \frac{D}{d} \quad 3.41$$

$C = 8$ Asumido

$$k_i = \frac{4(8)^2 - 8 - 1}{4 * 8(8 - 1)}$$

$$k_i = \frac{247}{224} = 1.102$$

Entonces:

$$\sigma_a = (1.102) \frac{32 * 3.98\text{kg} - \text{cm}}{\pi d^3}$$

$$\sigma_a = \frac{44.67}{d^3} \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$\sigma_m = \frac{3.98 \text{ kg} - \text{cm}}{19.83 \text{ kg} - \text{cm}} * \frac{44.67}{d^3}$$

$$\sigma_m = \frac{8.96}{d^3}$$

El coeficiente de seguridad en resortes helicoidales a torsión viene dado por la siguiente expresión.

$$n = \frac{S_a}{\sigma_a} \quad 3.42$$

Donde:

S_a = Esfuerzo de amplitud de resorte

$$S_a = \frac{r^2 S_{ut}^2}{2S_e} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2S_e}{r S_{ut}} \right)^2} \right] \quad 3.43$$

Donde:

r = Relación de momentos equivalentes

$$r = \frac{M_a}{M_m} \quad 3.44$$

$$r = \frac{3.98}{19.83} = 0.2$$

S_{ut} = Resistencia a la fluencia

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \quad 3.45$$

De la tabla de coeficientes para diferentes materiales de resortes Anexo 12 se tiene:

$$A = 201 \text{ kpsi} = 14129.2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$m = 0.145$$

$$S_{ut} = \frac{201}{d^{0.145}}$$

S_e = Límite de fatiga

$$S_e = \frac{S_r/2}{1 - \left(\frac{S_r/2}{S_{ut}} \right)^2} \quad 3.46$$

S_r = Porcentaje de aplicacion de la resistencia a la fluencia

$$S_r = 0.50 S_{ut} \quad 3.47$$

$$S_r = 0.50 * \frac{14129.2}{d^{0.145}}$$

$$S_r = \frac{7064.63}{d^{0.145}}$$

Entonces:

$$S_e = \frac{\left[\frac{7064.63}{d^{0.145}} \right] / 2}{1 - \left(\frac{\left[\frac{7064.63}{d^{0.145}} \right] / 2}{\frac{201}{d^{0.145}}} \right)^2}$$

El esfuerzo de amplitud para el resorte helicoidal buscado queda entonces.

$$S_a = \frac{0.2^2 \left[\frac{201}{d^{0.145}} \right]^2}{2 \left[\frac{\left(\frac{7064.63}{d^{0.145}} \right) / 2}{1 - \left(\frac{\left(\frac{7064.63}{d^{0.145}} \right) / 2}{201} \right)^2} \right]} - 1 + \sqrt{1 + \frac{\left(\frac{2 \left[\frac{\left(\frac{7064.63}{d^{0.145}} \right) / 2}{1 - \left(\frac{\left(\frac{7064.63}{d^{0.145}} \right) / 2}{201} \right)^2} \right]}{0.2 \left[\frac{201}{d^{0.145}} \right]} \right)^2}$$

Para un factor de seguridad $n = 2$ se tiene:

$$n = \frac{S_a}{\sigma_a} \quad 3.48$$

$$2 = \frac{\frac{0.2^2 \left[\frac{201}{d^{0.145}} \right]^2}{2 \left[\frac{\left(\frac{7064.63}{d^{0.145}} \right) / 2}{1 - \left(\frac{\left(\frac{7064.63}{d^{0.145}} \right) / 2}{201} \right)^2} \right]} - 1 + \sqrt{1 + \frac{\left(\frac{2 \left[\frac{\left(\frac{7064.63}{d^{0.145}} \right) / 2}{1 - \left(\frac{\left(\frac{7064.63}{d^{0.145}} \right) / 2}{201} \right)^2} \right]}{0.2 \left[\frac{201}{d^{0.145}} \right]} \right)^2}}{\frac{44.67}{d^3}}$$

El diámetro requerido en base al diseño realizado es:

$$d = 0.46 \text{ cm}$$

$$D = 3.68 \text{ cm}$$

El número de espiras viene dado por la siguiente expresión:

$$\theta_c = \frac{10.8 * M_{\max} * D * N_a}{E * d^4} \quad 3.49$$

$$\theta_c = \theta_1 + \beta \quad 3.50$$

$$\theta_c = 77^\circ + 39^\circ$$

$$\theta_c = 116^\circ$$

Donde:

θ_c = Ángulo de deslizamiento total del resorte

M_{\max} = Momento máximo

D = Diámetro de las espiras

N_a = Número de espiras

E = Módulo de Young

Entonces:

$$N_a = \frac{\theta_c * E * d^4}{10.8 * M_{\max} * D} \quad 3.51$$

$$N_a = \frac{116^\circ * 2003405.367 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 0.4 \text{ cm}^4}{10.8 * 23.81 \text{ kg} - \text{cm} * 3.68 \text{ cm}} * \frac{2\pi \text{ radianes}}{360^\circ}$$

$$N_a = 8 \text{ espiras}$$

3.15 Selección de resortes helicoidales de torsión para el sistema de retención y retiro de las fundas plásticas.

La mesa de retención y retiro de las fundas plásticas llenas de tierra, debe ser móvil y tener un movimiento automático de retorno, por lo que se requiere del diseño de un par de resortes en similar caso del mecanismo de apisonado para lograr este requerimiento.

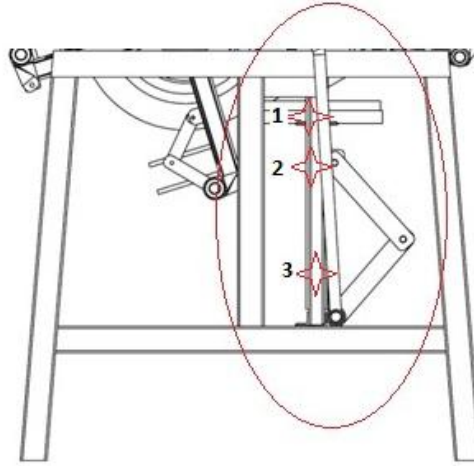


Figura 3. 41 Mesa de retención y retiro

3.15.1 Condición de diseño

“La mesa de retención debe posicionarse en tres lugares requeridos por el operador como se muestra en la fig. 3.41; por lo tanto la energía acumulada en las espiras del resorte debe superar a la suma total de los pesos del mecanismo, consiguiéndose de esta manera una fuerza mayor y por ende un retorno automático de la mesa de retención”

3.15.2 Análisis teórico y criterio de diseño

En vista que este mecanismo requiere que una vez llenadas y compactadas las fundas plásticas con el sustrato, baje automáticamente por el propio peso que se genera, se seleccionan el mismo tipo de resortes helicoidales que se ha diseñado en el mecanismo de apisonado, en vista que estos cumplen con este requerimiento.

3.16 Diseño de la estructura [5]

Para el diseño del pórtico que conforma la enfundadora se utiliza el paquete computacional de SAP 2000 v 10.0.1 para lo cual se realiza los siguientes pasos.

3.16.1 Descripción de la estructura

En la estructura se propone un conjunto de ángulo (50x50x6) mm. y tubo cuadrado (50x2) mm. de acero estructural ASTM A36 unidos entre ellos mediante soldadura por lo que se obtiene un sistema estructural de nodos rígidos.

3.16.2 Geometría de la estructura

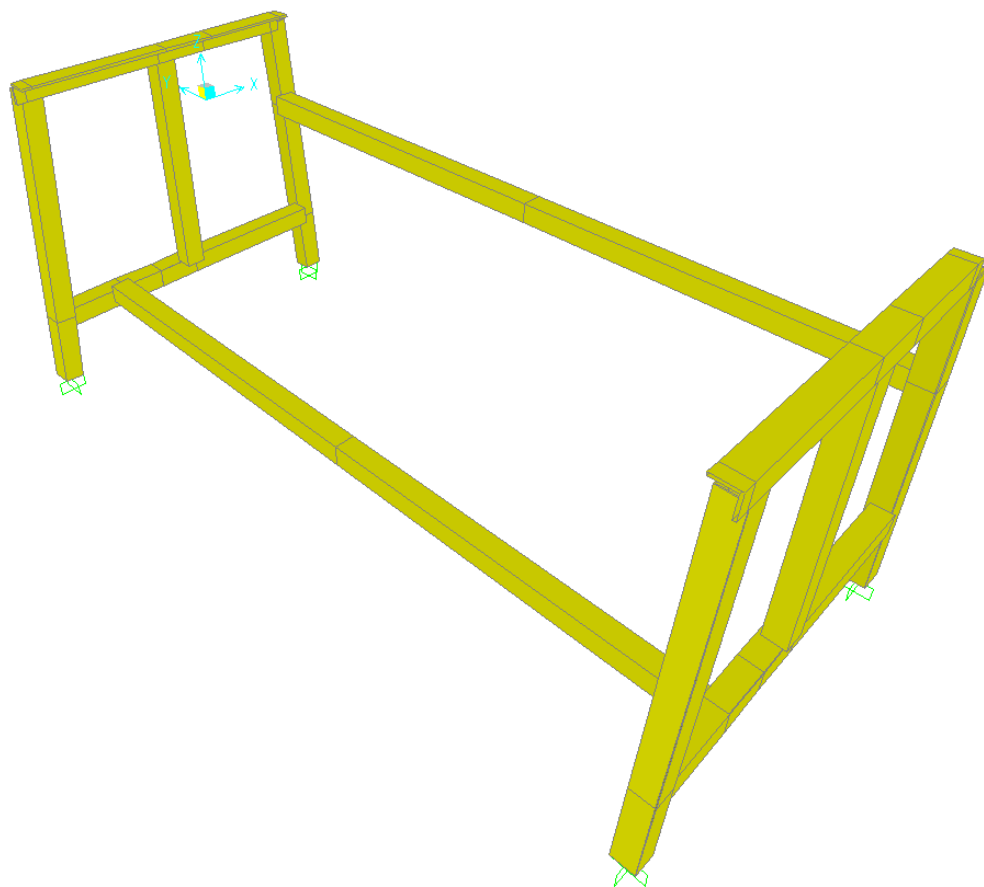


Figura 3. 43 Vista isométrica de la estructura

3.16.3 Cargas que actúan en la estructura

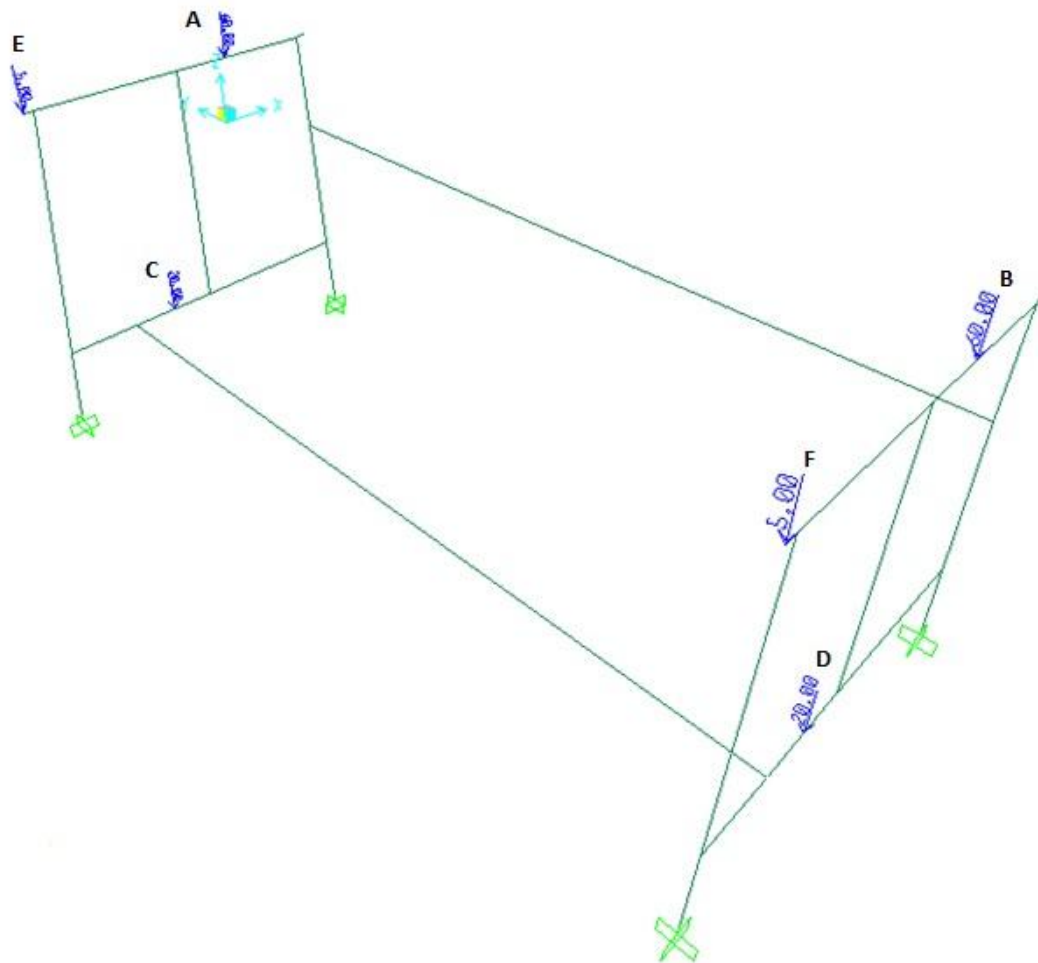


Figura 3. 44 Fuerzas que actúan en la estructura

Estado de carga I: Reacciones del peso total de la máquina que soporta la bancada.

Reacción en A=B= 60kg

Estado de carga II: Reacciones del sistema de retención y retiro de fundas plástica

Reacción en C=D= 20kg

Estado de carga III: Reacciones del sistema de apisonado.

Reacción en E=F= 5kg

- **Análisis de razón de esfuerzos**

Una vez realizado el análisis estructural se comprueba que los elementos utilizados si soportan las cargas actuantes en la misma ya que las razones de esfuerzo presentan valores menores que 1.

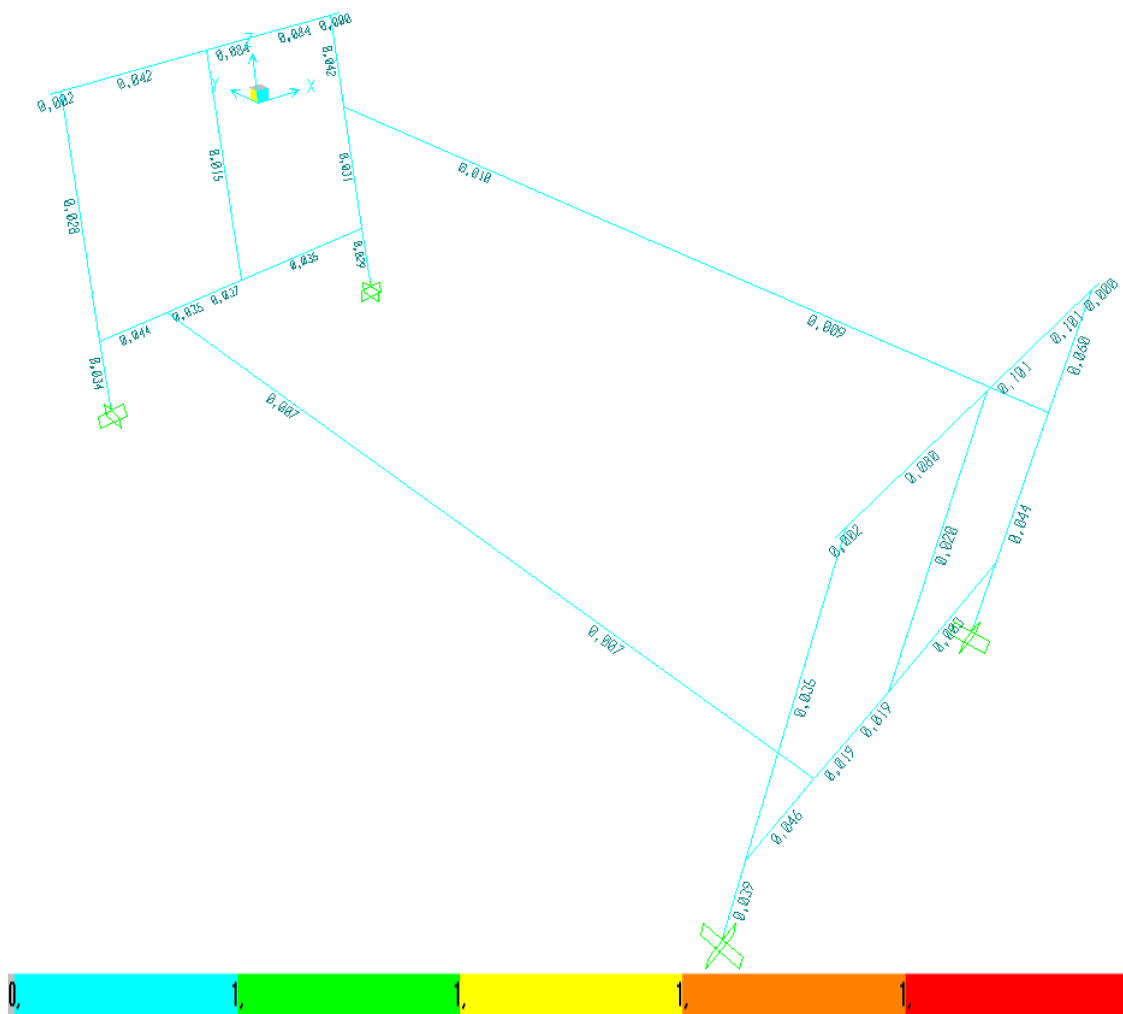


Figura 3. 45 Resultados de SAP 2000: Razón de esfuerzo

- **Análisis de la deformación**

Haciendo un análisis de la deformación lo cual cumple con la limitación proporcional establecida para carga muerta según el AISC L/360.

Verificando uno de los travesaños más largo cuya longitud es de 1800mm y como flecha permisible L/360 se tiene que la:

$$\text{Deformación permisible} = \frac{1800}{360} = 5\text{mm}$$

Como el valor de la deformación de la figura 3.45 (0.0855mm) es inferior a la deformación permisible se concluye que la estructura posee rigidez apropiada.

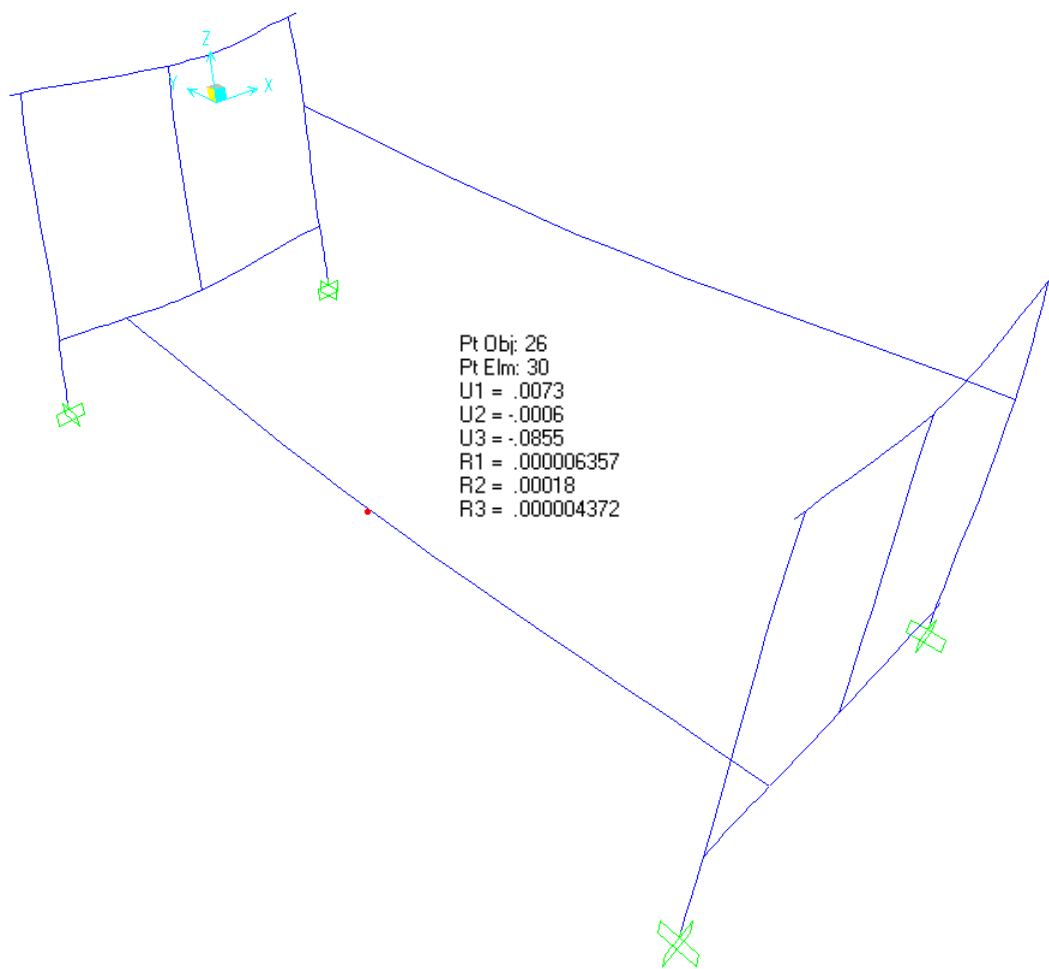


Figura 3.46 Deformación de la estructura

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA ENFUNDADORA

4.1 Componentes del equipo y tecnología de la construcción

En el proceso de construcción, montaje e instalación de la enfundadora se utilizará las siguientes máquinas herramientas:

- Prensa de banco
- Flexómetro
- Arco de sierra
- Soldadora eléctrica
- Moladora
- Taladro de mano
- Taladro pedestal
- Torno
- Calibrador pie de rey
- Cuchillas para tornear
- Entenalla
- Escuadra
- Suelta oxiacetilénica
- Limas
- Llaves
- Brocas
- Machuelos
- Destornilladores

4.2 Procedimiento de construcción

En la tabla 4.1 se muestra las partes constitutivas de la máquina enfundadora, sus elementos y el material del cual se construye.

Tabla 4. 1 PARTES CONSTRUCTIVAS DE LA ENFUNDADORA

SISTEMA	ELEMENTO	CANTIDAD	MATERIAL/MODELO
Sistema Estructural para la Bancada	Ángulo 2pulg. x 1/4pulg.	1	Acero Estructural ASTM A36
	Tubo cuadrado 2pulg x 2mm	1	Acero Estructural ASTM A516
Eje Principal de Transmisión	Ángulo 2pulg. x 1/4pulg.	1	Acero Estructural ASTM A36
	Eje de transmisión	2	Acero AISI 1018
	Chumaceras	2	UCP 208 - 24

Sistema de Apertura y Retorno	Marco fijo	4	Acero Estructural ASTM A36
	Marco móvil	4	Acero Estructural ASTM A36
	Guía	8	Acero Estructural ASTM A36
	Rodamiento de bolas	16	SKF 7301
	Piñón	4	Acero AISI 1018
	Resorte	8	
	Tubo redondo 7/8plg. x 2mm	1	Acero Estructural ASTM A36
	Buje	12	Acero Estructural ASTM A36
	Platina 1pulg. x 1/4pulg.	1	Acero Estructural ASTM A36
	Cuña	4	Acero Estructural ASTM A36
Sistema de Movimiento Rotacional del Eje Principal	Polea 1	1	Aluminio
	Polea 2	1	Aluminio
	Banda	1	
	Eje para la polea 1	1	Acero AISI 1018
	Eje para la polea 2	1	Acero AISI 1018
	Rodamiento de bolas	2	SKF 6004
	Platina	1	Acero Estructural ASTM A36
	Buje	1	Acero Estructural ASTM A36
Sistema de Retención y Retiro de Fundas Plástica	Tubo cuadrado	1	Acero Estructural ASTM A36
	Tubo redondo	1	Acero Estructural ASTM A36
	Platina	1	Acero Estructural ASTM A36
	Guía	2	Acero Estructural ASTM A36
	Buje	3	Acero Estructural ASTM A36
	Ángulo	1	Acero Estructural ASTM A36
Sistema de Apisonado	Tubo cuadrado	1	Acero Estructural ASTM A36
	Platina	1	Acero Estructural ASTM A36
	Tubo redondo	1	Acero Estructural ASTM A36
	Pisones	35	Madera
	Resorte	2	Acero ASTM 228

4.3 Construcción y montaje

4.3.1 Construcción de la enfundadora

En la tabla 4.2 se detalla los tiempos empleados en construir cada elemento que conforma la Enfundadora

Tabla 4. 2 TIEMPOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA ENFUNDADORA

SISTEMAS	ELEMENTO	Nº	OPERACIONES	TIEMPO (min)
SISTEMA ESTRUCTURAL PARA LA BANCADA	Ángulo 2pulg. x 1/4pulg.	1	Trazado	20
		2	Corte	15
		3	Soldado	30
		4	Pulido	10
	Tubo cuadrado 2pulg. x 2	5	Trazado	30
		6	Corte	30
		7	Soldado	20
		8	Pulido	20
EJE PRINCIPAL DE TRANSMISION	Ángulo 2pulg. x 1/4pulg.	9	Trazado	30
		10	Corte	20
		11	Soldado	20
		12	Pulido	30
	Eje de transmisión	13	Refrentado	60
		14	Cilindrado	60
SISTEMA DE APERTURA Y RETORNO	Marco Fijo	15	Trazado	40
		16	Corte	30
		17	Soldado	50
		18	Pulido	40
	Marco Móvil	19	Trazado	40
		20	Corte	25
		21	Soldado	30
		22	Pulido	30
	Guía	23	Trazado	30
		24	Corte	20
		25	Soldado	30
		26	Pulido	35
		27	Taladrado	20
	Piñón	28	Refrentado	40
		29	Cilindrado	40
		30	Perforado	80

	Tubo redondo	31	Fresado	120
		32	Machuelado	30
		33	Trazado	20
		34	Corte	20
		35	Pulido	15
		36	Trazado	60
	Buje	37	Corte	120
		38	Refrentado	480
		39	Cilindrado	240
		40	Perforado	360
	Platina	41	Trazado	60
		42	Corte	40
		43	Soldado	40
		44	Pulido	30
	Cuña	45	Trazado	40
		46	Corte	20
		47	Pulido	15
SISTEMA DE MOVIMIENTO ROTACIONAL DEL EJE PRINCIPAL	Buje	48	Trazado	45
		49	Corte	20
		50	Refrentado	30
		51	Cilindrado	30
		52	Perforado	40
	Platina	53	Trazado	15
		54	Corte	10
		55	Soldado	15
		56	Pulido	10
SISTEMA DE RETENCION Y RETRO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS	Tubo redondo	57	Trazado	30
		58	Corte	20
		59	Soldado	10
		60	Pulido	10
	Tubo cuadrado	61	Trazado	30
		62	Corte	10

		63	Soldado	10
		64	Pulido	10
	Platina	65	Trazado	15
		66	Corte	10
		67	Pulido	10
	Guía	68	Trazado	30
		69	Corte	20
		70	Soldado	15
		71	Pulido	10
	Buje	72	Trazado	60
		73	Corte	30
		75	Refrentado	90
		76	Cilindrado	120
		77	Perforado	120
	Ángulo	78	Trazado	20
		79	Corte	15
		80	Soldado	10
		81	Pulido	10
SISTEMA DE APISONADO	Tubo cuadrado	82	Trazado	20
		83	Corte	10
		84	Soldado	15
		85	Pulido	10
	Platina	86	Trazado	15
		87	Corte	15
		88	Pulido	10
	Tubo redondo	89	Trazado	20
		90	Corte	10
		91	Soldado	15
		92	Pulido	10
	Pisones	93	Trazado	20
		94	Corte	15
		95	Soldado	20

Recubrimiento	96	Lijado	60
	97	Fondeado	80
	98	Pintado	80

Tiempo Total = 67.37 horas

4.3.1.1 Flujograma de construcción de las partes de la enfundadora

A continuación se muestran flujogramas de construcción los cuales están correlacionados con la construcción de la enfundadora

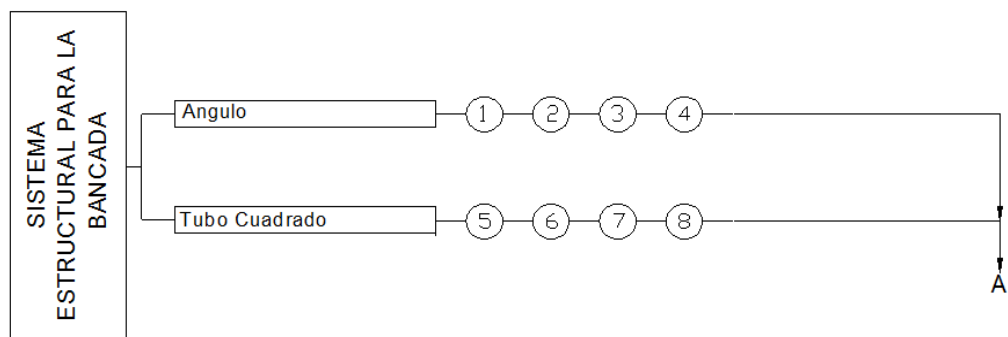


Figura 4.1 Flujograma de construcción estructural

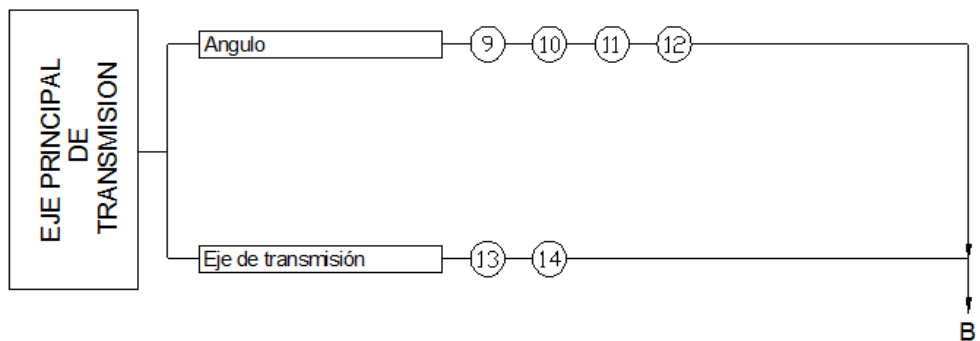


Figura 4.2 Flujograma de construcción del eje de transmisión

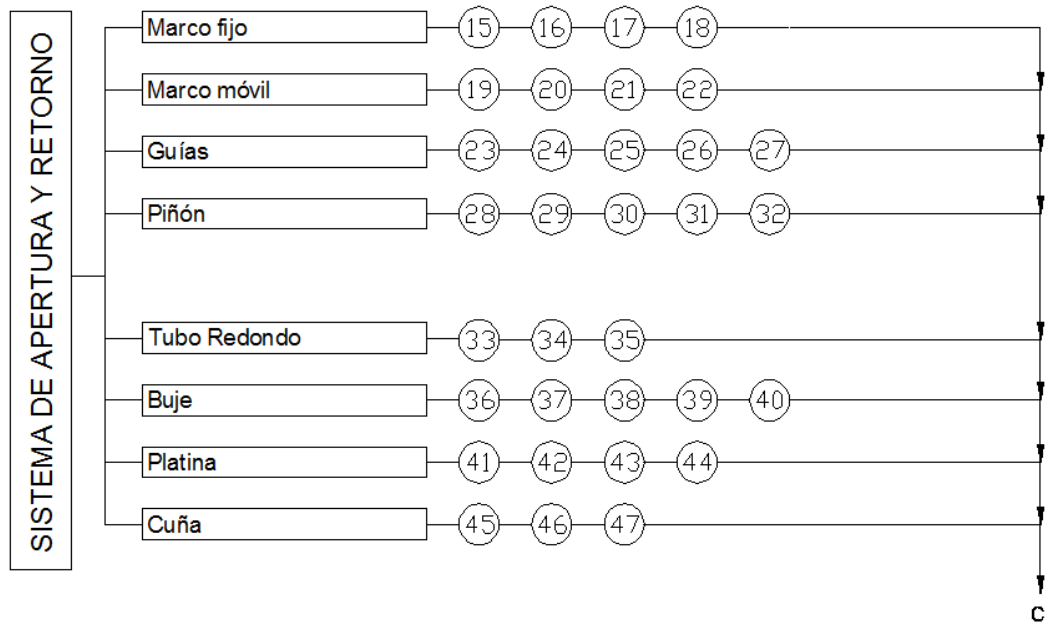


Figura 4.3 Flujograma de construcción de apertura y retorno

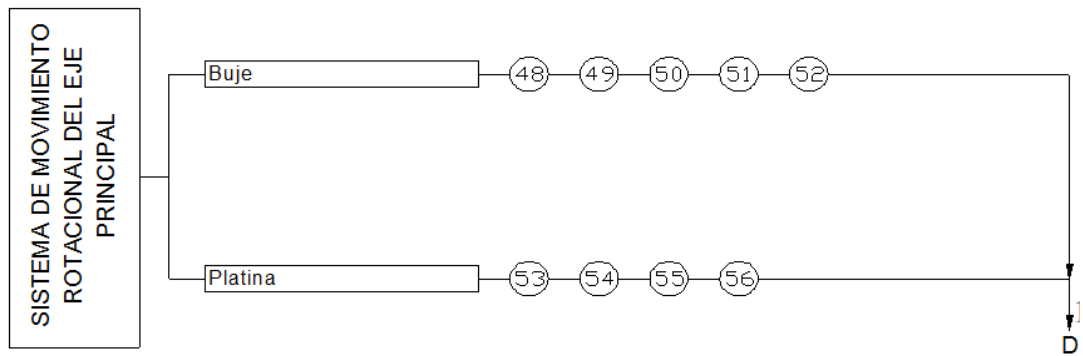


Figura 4.4 Flujograma de construcción del sistema de movimiento rotacional del eje principal

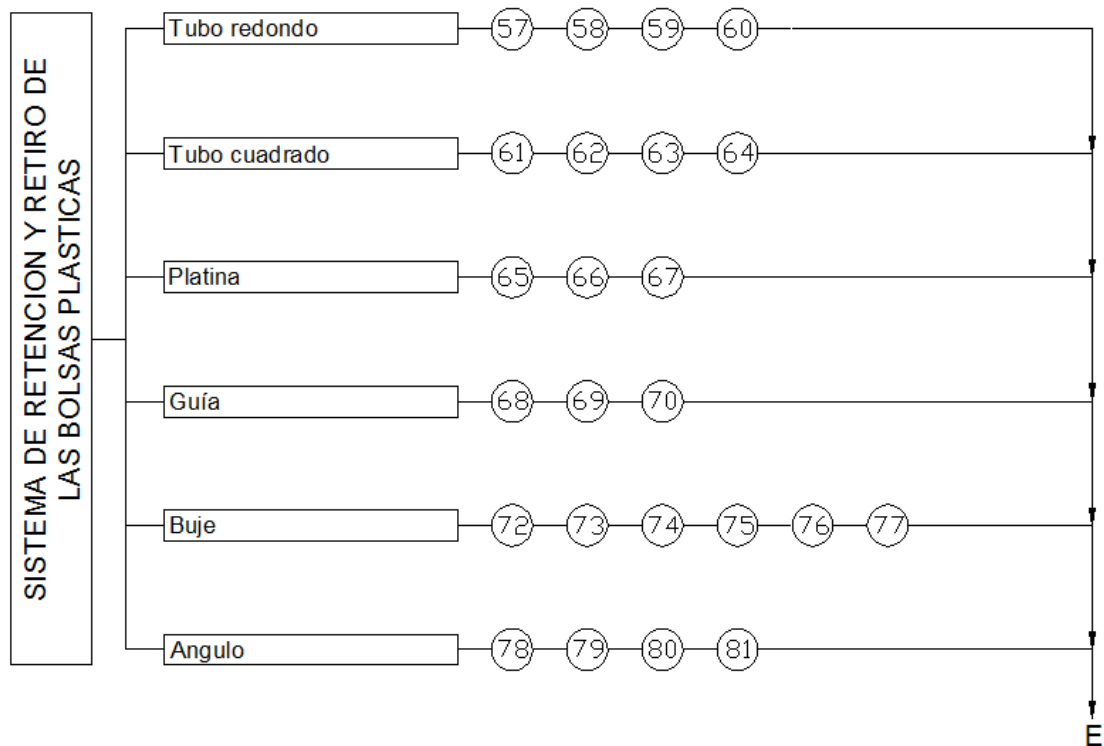


Figura 4.5 Flujograma de construcción del sistema de retiro

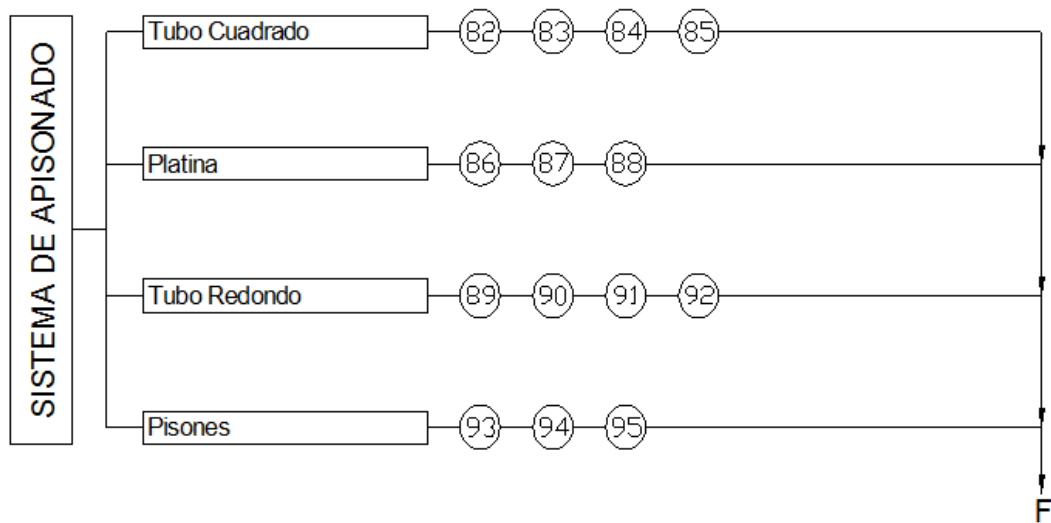


Figura 4.6 Flujograma de construcción del sistema de apisonado

4.4 Montaje de la enfundadora

Los tiempos utilizados durante el montaje de la máquina enfundadora se presentan a continuación.

Tabla 4.3 MONTAJE DEL SISTEMA ESTRUCTURAL PARA LA BANCADA.

MONTAJE DEL SISTEMA ESTRUCTURAL		
OPERACIÓN	SÍMBOLO	TIEMPO (horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M1	1
Montaje del ángulo	M2	0.5
Montaje del tubo cuadrado	M3	0.5
TOTAL		2

Tabla 4.4 MONTAJE DEL EJE PRINCIPAL DE TRANSMISIÓN.

MONTAJE DEL EJE PRINCIPAL DE TRANSMISIÓN		
OPERACIÓN	SÍMBOLO	TIEMPO (horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M4	1
Montaje del ángulo	M5	0.5
Montaje del eje de transmisión	M6	0.5
TOTAL		2

Tabla 4.5 MONTAJE DEL SISTEMA DE APERTURA Y RETORNO

MONTAJE DEL SISTEMA DE APERTURA Y RETORNO		
OPERACIÓN	SÍMBOLO	TIEMPO (horas)
Traslado de los elementos al sitio de trabajo	M7	1
Montaje del marco fijo	M8	0.75
Montaje del marco móvil	M9	0.75
Montaje de la guía	M10	0.75
Montaje del piñón	M11	0.33
Montaje del tubo redondo	M12	0.33
Montaje del buje	M13	0.5
Montaje de la platina	M14	0,25

Montaje de la cuña	M15	0.33
TOTAL		4.99

Tabla 4.6 MONTAJE DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO ROTACIONAL DEL EJE PRINCIPAL.

MONTAJE DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO		
OPERACIÓN	SÍMBOLO	TIEMPO (horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M16	1
Montaje del buje	M17	0.5
Montaje de la platina	M18	0.25
TOTAL		1.75

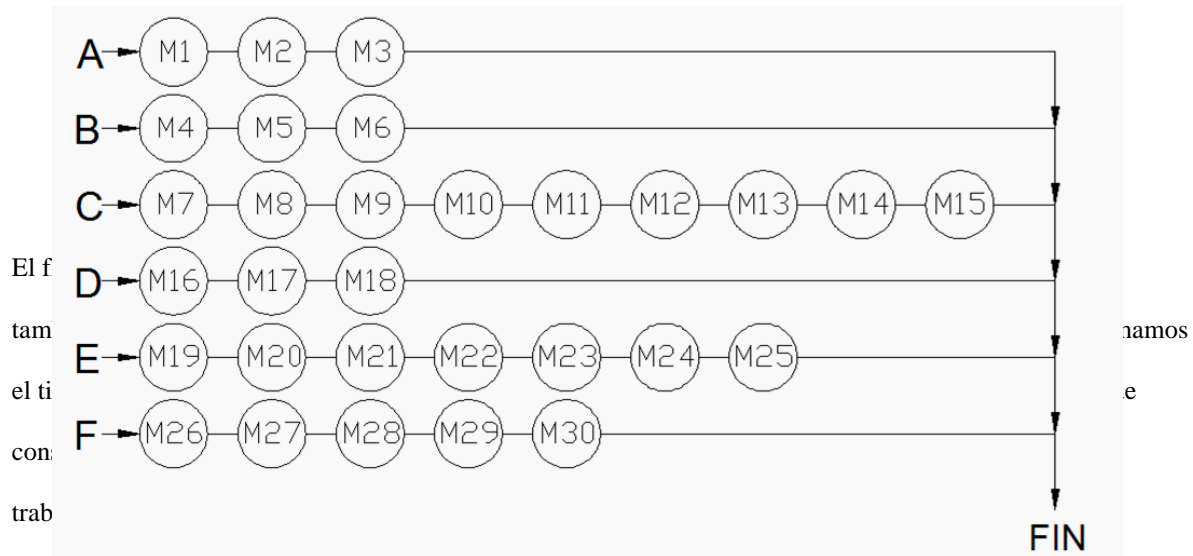
Tabla 4.7 MONTAJE DEL SISTEMA DE RETENCIÓN Y RETIRO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS

MONTAJE DEL SISTEMA DE RETENCIÓN Y RETIRO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS		
OPERACIÓN	SÍMBOLO	TIEMPO (horas)
Traslado de los elementos al sitio de trabajo	M19	1
Montaje del tubo redondo	M20	0.5
Montaje del tubo cuadrado	M21	0.5
Montaje de la platina	M22	0.25
Montaje de la guía	M23	0.5
Montaje del buje	M24	0.5
Montaje del ángulo	M25	0.5
TOTAL		3.75

Tabla 4.8 MONTAJE DEL SISTEMA DE APISONADO

MONTAJE DEL SISTEMA DE APISONADO		
OPERACIÓN	SÍMBOLO	TIEMPO (horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M26	1
Montaje del tubo cuadrado	M27	0.5
Montaje de la platina	M28	0.2
Montaje del tubo redondo	M29	0.2
Montaje de los pisones	M30	0.5
TOTAL		2.4

Tiempo Total de Montaje 16.89 horas



CAPÍTULO V

5. MANTENIMIENTO Y COSTOS DE LA ENFUNDADORA

5.1 Mantenimiento de la enfundadora

La máquina, con la acción del tiempo y del uso está sujeta a un proceso irreversible de desgaste, de envejecimiento y a una degradación de eficiencia técnica; así como a su obsolescencia tecnológica. Por lo tanto, para aliviar estos males inevitables se requerirá asociar la vida de estas máquinas con el mantenimiento, para lo cual se pondrá énfasis en los elementos que presentaran con el paso del tiempo fallas debido a su desgaste o deterioro prematuro.

Tabla 5.1 MANUAL DE MANTENIMIENTO

Horas de	Órganos Principales	Trabajos a realizar
----------	---------------------	---------------------

trabajo	Rodamientos	Chumaceras	Resortes	Piñón	Varillas	Apisonadores	Banda	Pernos	
8 (D)							X		Revisar su correcto tensado
					X				Verificar su Alineamiento
					X				En caso de desalineamiento, posicionar correctamente en línea
								X	Revisar ajuste de pernos y tornillos
	X								Verificar existencia de suciedad en las rieles de deslizamiento
								X	En caso de cambio a varillas más largas, realizar un buen ajuste
160 (M)			X						Revisar que no haya deformaciones de espiras
	X								Revisar que no exista anomalías en los rodamientos
			X						En caso de encontrar deformación de espiras, sustituirlo
		X							Aplicar grasa a base de litio en los graseros
480 (T)		X							Realizar una prueba de ruido con ayuda de un estetoscopio
						X			Verificar la descomposición de la madera
						X			En caso de descomposición, sustituirlo
	X								Revisar que no exista anomalías, en caso de existir sustituirlos
							X		Verificar la flexibilidad
1920 (A)		X							Cambiar los rodamientos
				X					Verificar los defectos en los dientes

				X					En caso de encontrar deformación de dientes, sustituirlo
--	--	--	--	---	--	--	--	--	--

Donde:

Tabla 5.2 DESIGNACIÓN DE VARIABLES DE TIEMPO

<i>D E S I G N A C I Ó N</i>	
<i>D</i>	Diario
<i>M</i>	Mensual
<i>T</i>	Trimestral
<i>A</i>	Anual

5.2 Análisis de costos para la enfundadora

En el siguiente análisis económico se pretende dar una descripción de todos los gastos realizados para obtener un valor total de inversión tanto de diseño y construcción de la maquina enfundadora.

5.2.1 Costos directos

En los costos directos se toman en cuenta los gastos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizados y transporte, los mismos que se detallan en la tabla.

5.2.2 Costo de materiales

Tabla 5.3 COSTO DE MATERIALES

CANT.	DESCRIPCION	UNIDAD	V.UNIT.	V.TOTAL
1	Perfil Estructural L 50x50x6mm	6 Metros	35,00	35,00
4	Perfil Estructural L 30x30x3mm	6 Metros	7,35	29,40
1	Perfil Estructural L 20x20x2mm	6 Metros	3,62	3,62
1	Perfil Estructural L 25x25x3mm	6 Metros	6,06	6,06
2	Tubo Estructural Cuadrado 50x2mm	6 Metros	22,00	44,00
6	Tubo Estructural Cuadrado 30x1,5mm	6 Metros	9,53	57,18
1	Tubo Estructural Cuadrado 20x1,5mm	6 Metros	6,35	6,35
1	Tubo Estructural Cuadrado 30x2mm	6 Metros	15,00	15,00
3	Tubo Estructural Redondo 7/8x1,5mm	6 Metros	8,00	24,00
1	Platina 30x6mm	6 Metros	8,20	8,20
1	Platina 25x6mm	6 Metros	6,84	6,84
1	Platina 38x6mm	6 Metros	11,47	11,47
1	Platina 20x2mm	6 Metros	2,56	2,56
3	Platina 30x3mm	6 Metros	4,11	12,33
10	Varilla corrugada =8mmm ASTM A36	12 Metros	4,90	49,00
20	Bujes (pernos, rodamientos)	Unidad	4,20	84,00

1	Listón de madera 20mm Canelo Fino	Unidad	5,00	5,00
1	Tablón de madera 20x160cm Canelo Fino	Unidad	5,00	5,00
8	Resorte de acero d=1,5mm	Unidad	1,06	8,50
4	Resorte de acero d=1,5mm	Unidad	2,12	8,50
4	Resorte de acero d=4mm	Unidad	5,00	20,00
1	Banda flex-bonded	Unidad	5,00	5,00
100	Electrodos	Unidad	0,10	10,00
1	Seguro de giro	Unidad	5,10	5,10
1	Seguro de la mesa	Unidad	5,10	5,10
	Fondo Gris y Verde	Unidad	23,00	23,00
6,8	Eje Ø=1 ¾	Kg	14,51	14,51
1	Acero transmisión 1plgx13cm	Unidad	1,07	1,07
1	Acero perforado (Buje de la Polea)	Unidad	2,68	2,68
2	Chumacera (1 1/2")Piso UCP 208-24	Unidad	10,00	20,00
1	Polea Ø =10" Aluminio	Unidad	4,46	4,46
1	Polea Ø=5" Aluminio	Unidad	2,68	2,68
4	Piñón Ø=1 ¾	Unidad	30,00	120,00
1	Plancha Antideslizante 1,5mm	plancha	46,00	46,00
1	Placa 400x400x4mm	Placa	9,00	9,00

SUBTOTAL A \$ 710,61

5.2.3 Costo de mano de obra

Tabla 5. 4 COSTO DE MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	SAL.REALxHORA	HORAS-HOMBRE	SUB TOTAL
Maestro Mecánico	4.4	80	352
Ayudante Mecánico	2.10	50	105

Sub Total B = \$ 457,00

5.2.4 Costos de equipos y herramientas

Tabla 5. 5 COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

DESCRIPCION	COSTO x HORA	HORAS EQUIPO	SUB TOTAL
Soldadora eléctrica	2,94	9,5	27,93
Taladro manual	0,84	3,3	2,772
Taladro pedestal	1,68	0,3	0,504

Torno	10,5	21,6	226,8
Aceitera	0,8	0,25	0,2
Broca	0,8	0,5	0,4
Cizalladora	1,31	5,5	7,205
Escuadra	0,8	1,5	1,2
Esmeril	1,16	1,5	1,74
Flexómetro	0,8	0,66	0,528
Machuelo	0,8	1,4	1,12
Moladora	1,16	1,4	1,624
Pulidora	1,31	0,95	1,2445
Otros	1,31	2,1	2,751
			\$ 276,02

5.2.5 Costos por transporte de materiales

El costo por trasporte es de 40 dólares debido a que los materiales para construir la enfundadora se los encuentra con facilidad.

5.2.6 Costo total directo

Tabla 5. 6 COSTO TOTAL DIRECTO

MATERIALES	710.61
MANO DE OBRA	457
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	276.02
TRANSPORTE	40
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS (USD)	\$ 1483.63

5.2.7 Costos indirectos

Los costos indirectos son aquellos en los que intervienen los costos ingenieriles, este costo ingenieril tiene un agregado del 25% que está involucrado con la supervisión y diseño de la enfundadora en el tiempo de la construcción del costo total indirecto.

Tabla 5. 7 COSTOS INDIRECTOS

COSTOS INGENIERILES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Supervisión	40	Hora	5,096	203,84
Diseño	30	Hora	5,096	152,88
Subtotal				356.72

Tabla 5. 8 COSTO TOTAL INDIRECTO

COSTOS	PRECIO TOTAL (USD)
Ingenieriles	356,72
Utilidad	0
TOTAL	356,72

5.2.8 Costos totales

Es la suma de los costos directos más los costos indirectos

Tabla 5. 9 COSTO TOTAL

COSTOS INDIRECTOS	356.72
COSTOS DIRECTOS	1483.63
SUBTOTAL	1840.35

Tabla 5. 10 COSTO TOTAL INCLUIDO IVA

SUBTOTAL	1840.35
12% IVA	220.84
COSTO TOTAL	2061.19

Se tiene un costo total de la enfundadora de \$ **2061.19** (Dos mil sesenta y uno con 19/100 dólares americanos)

CAPÍTULO VI

6. PRUEBAS DE LA ENFUNDADORA

6.1 Plan de pruebas de funcionamiento

Para verificar el correcto funcionamiento y desempeño de la enfundadora fue necesario realizar el respectivo plan de funcionamiento de la misma, el cual se basa principalmente en la precisión que posee cada mecanismo diseñado, es decir comprobar su eficacia y su fácil manipulación, pues al ser la máquina totalmente manual es muy necesario que el operador tenga la suficiente comodidad y ligereza en su desempeño.

Las pruebas se realizaron a medida que se construían los diferentes mecanismos, es decir cada uno cumple con un trabajo, por lo tanto al ser una tarea secuencial la que realiza en la máquina, se tomó muy en cuenta el tiempo empleado en cada uno de los procesos:

- ✓ Colocación de las fundas plásticas.
- ✓ Llenado de los sustrato
- ✓ Apisonado
- ✓ Retención y retiro de las mismas.

6.1.1 Colocación de las fundas plásticas

Normalmente este proceso lo hacen por unidades, lo cual con la creación de esta máquina se logro que este proceso se lo pueda realizar en una mayor proporción, con un tiempo menor, incrementándose la producción, pues este proceso se lo realiza en serie.

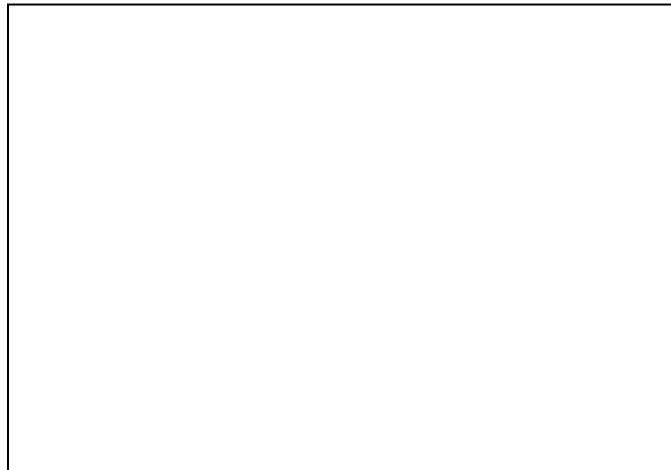


Tabla 6.1 PROMEDIO DE COLOCACIÓN DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 5x7 PULGADAS

NÚMERO DE FUNDAS	TIEMPO DE COLOCACIÓN (min)
17	1,5
17	1,6
17	1,4
17	1,5
17	1,5
17	1,4
17	1,6
17	1,3
17	1,5

17	1,4
<i>Promedio =</i>	1,47

Tabla 6.2 NÚMERO TOTAL DE FUNDAS COLOCADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (5x7 PULGADAS)

TIEMPO TOTAL (min)	NÚMERO DE FUNDAS
1,47	17
60	693,877551
480	5551,020408
2400	27755,10204

Tabla 6.3 PROMEDIO DE COLOCACIÓN DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 4x7 PULGADAS

NÚMERO DE FUNDAS	TIEMPO DE COLOCACIÓN (min)
20	2
20	2,1
20	2,1
20	2,3
20	2,2
20	2,3
20	2,1
20	2
20	2,3
20	2,2
<i>Promedio =</i>	2,16

Tabla 6.4 NÚMERO TOTAL DE FUNDAS COLOCADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (4x7 PULGADAS)

TIEMPO TOTAL (min)	NÚMERO DE FUNDAS
2,16	20
60	556

480	4444
2400	22222

Tabla 6.5 PROMEDIO DE COLOCACIÓN DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 4x9 PULGADAS

NÚMERO DE FUNDAS	TIEMPO DE COLOCACIÓN (min)
20	2
20	2,1
20	2,1
20	2,3
20	2,2
20	2,3
20	2,1
20	2
20	2,3
20	2,2
Promedio =	2,16

Tabla 6.6 NÚMERO TOTAL DE FUNDAS COLOCADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (4x9 PULGADAS)

TIEMPO TOTAL (min)	NÚMERO DE FUNDAS
2,16	20
60	556
480	4444
2400	22222

6.1.2 Llenado y apisonado de los sustratos

El llenado del sustrato en las fundas plásticas se lo hace en forma alternada con el proceso de apisonado, es decir este trabajo cumple con la secuencia **LLENADO – APISONADO**, y se lo realiza en tres etapas similares, primero se llena 1/3 de la funda plástica y se apisona, luego 2/3 y de igual forma se apisona, para finalmente llenarla por completo y terminar con un completo apisonado de la funda plástica.



Figura 6.2 Llenado y apisonado de los sustratos

Con las pruebas realizadas se obtuvo los siguientes tiempos, tanto en el proceso de llenado como en el proceso de apisonado.

Tabla 6.7 PROMEDIO DE LLENADO Y APISONADO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 5x7 PULGADAS

NÚMERO DE FUNDAS	TIEMPO DE LLENADO (min)	NÚMERO DE FUNDAS	TIEMPO DE APISONADO (min)
17	1,9	17	0,16
17	1,2	17	0,16
17	1,9	17	0,16
17	1,7	17	0,16
17	1,6	17	0,16
17	1,2	17	0,16
17	1,6	17	0,16
17	1,9	17	0,16
17	2	17	0,16
17	1,6	17	0,16
Promedio =	1,66	Promedio =	0,16

Tabla 6.8 NÚMERO TOTAL DE FUNDAS LLENADAS Y APISONADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (5x7 PULGADAS)

TIEMPO TOTAL (min)	NÚMERO DE FUNDAS
5,46	17
60	187
480	1495
2400	7472

Tabla 6.9 PROMEDIO DE LLENADO Y APISONADO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 4x7 PULGADAS

NÚMERO DE FUNDAS	TIEMPO DE LLENADO (min)	NÚMERO DE FUNDAS	TIEMPO DE APISONADO (min)
-------------------------	--------------------------------	-------------------------	----------------------------------

20	2
20	2,1
20	1,9
20	1,8
20	2
20	2
20	2
20	2,1
20	2,1
20	1,9
Promedio =	1,99

20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
Promedio =	0,16

Tabla 6.10 NÚMERO TOTAL DE FUNDAS LLENADAS Y APISONADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (4x7 PULGADAS)

TIEMPO TOTAL (min)	NÚMERO DE FUNDAS
6,45	20
60	186
480	1488
2400	7442

Tabla 6.11 PROMEDIO DE LLENADO Y APISONADO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 4x9 PULGADAS

NÚMERO DE FUNDAS	TIEMPO DE LLENADO (min)
20	2,5
20	2,4
20	2,3
20	2,4
20	2,6
20	2,5
20	2,4
20	2,4
20	2,3
20	2,3
Promedio =	2,41

NÚMERO DE FUNDAS	TIEMPO DE APISONADO (min)
20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
20	0,16
Promedio =	0,16

Tabla 6.12 NÚMERO TOTAL DE FUNDAS LLENADAS Y APISONADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (4x7 PULGADAS)

TIEMPO TOTAL (min)	NÚMERO DE FUNDAS
7,71	20
60	156
480	1245
2400	6226

6.1.3 Retención y retiro de las fundas plásticas

Es necesario colocar una mesa de retención de las fundas plásticas que se van llenando, surge en vista que la sujetación de las fundas por parte de las varillas corrugadas no es ciento por ciento seguras, como también se tomo muy en cuenta la longitud de las fundas con el objeto que la mesa sea móvil y a su vez se posicione en tres partes principales durante el recorrido de su carrera.

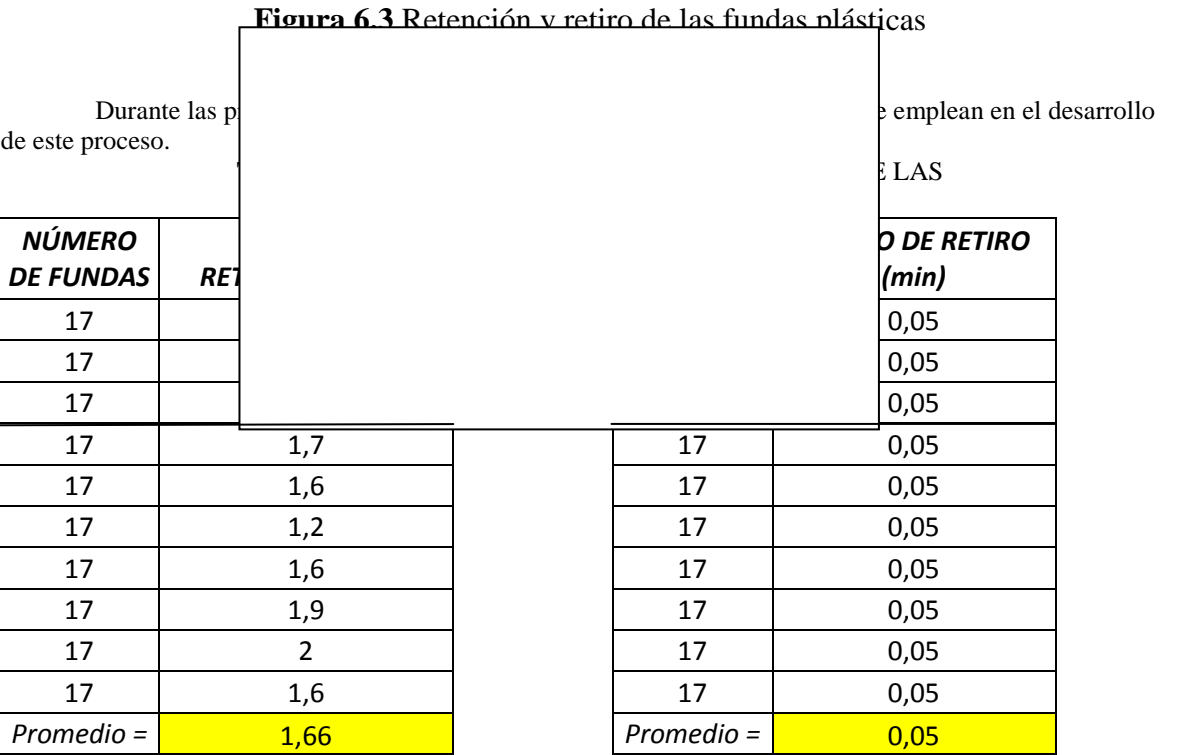


Tabla 6.14 NÚMERO TOTAL DE FUNDAS RETENIDAS Y RETIRADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (5x7 PULGADAS)

TIEMPO TOTAL (min)	NÚMERO DE FUNDAS
5,13	17
60	199
480	1591
2400	7953

Tabla 6.15 PROMEDIO DE RETENCIÓN Y RETIRO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 4x7 PULGADAS

NÚMERO DE FUNDAS	TIEMPO DE RETENCIÓN (min)	NÚMERO DE FUNDAS	TIEMPO DE RETIRO (min)
20	2	20	0,05
20	2,1	20	0,05
20	1,9	20	0,05
20	1,8	20	0,05
20	2	20	0,05
20	2	20	0,05
20	2	20	0,05
20	2,1	20	0,05
20	2,1	20	0,05
20	1,9	20	0,05
Promedio =	1,99	Promedio =	0,05

Tabla 6.16 NÚMERO TOTAL DE FUNDAS RETENIDAS Y RETIRADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (4x7 PULGADAS)

TIEMPO TOTAL (min)	NÚMERO DE FUNDAS
--------------------	------------------

6,12	20
60	196
480	1569
2400	7843

Tabla 6.17 PROMEDIO DE RETENCIÓN Y RETIRO DE LAS FUNDAS PLÁSTICAS DE 4x9 PULGADAS

NÚMERO DE FUNDAS	TIEMPO DE RETENCIÓN (min)	NÚMERO DE FUNDAS	TIEMPO DE RETIRO (min)
20	2,5	20	0,05
20	2,4	20	0,05
20	2,3	20	0,05
20	2,4	20	0,05
20	2,6	20	0,05
20	2,5	20	0,05
20	2,4	20	0,05
20	2,4	20	0,05
20	2,3	20	0,05
20	2,3	20	0,05
Promedio =	2,41	Promedio =	0,05

Tabla 6.18 NÚMERO TOTAL DE FUNDAS RETENIDAS Y RETIRADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS (4x9 PULGADAS)

TIEMPO TOTAL (min)	NÚMERO DE FUNDAS
7,38	20
60	163
480	1301
2400	6504

Con todos estos resultados obtenidos en los diferentes tipos de fundas se resumen los siguientes resultados:

Tabla 6.19 SUMATORIA DE TIEMPOS POR CADA CICLO

MEDIDAS DE LAS FUNDAS	NÚMERO DE OPERADORES	NÚMERO DE FUNDAS	SUMATORIA DE TIEMPOS (min.)
------------------------------	-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

5x7 pulg.	2	17	6,03
4x7 pulg.	2	20	7,365
4x9 pulg.	2	20	8,625

Tabla 6.20 NÚMERO TOTAL DE FUNDAS RETENIDAS Y RETIRADAS EN TIEMPOS PROMEDIOS PARA LOS TRES TIPOS

5x7 pulg.	TIEMPO TOTAL (min)	NÚMERO DE FUNDAS
	6,12	17
	60	167
	480	1333
	2400	6667
4x7 pulg.	TIEMPO TOTAL (min)	NÚMERO DE FUNDAS
	7,36	20
	60	163
	480	1304
	2400	6522
4x9 pulg.	TIEMPO TOTAL (min)	NÚMERO DE FUNDAS
	8,62	20
	60	139
	480	1114
	2400	5568

Al finalizar las pruebas se obtiene un producto con uniformidad y con la compactación adecuada para realizar la siembra, con el análisis de tiempo expuestos en las tablas anteriores se certifica que la producción aumenta en un 100% con respecto al trabajo de un operador y en un 50% con dos operadores trabajando.



Figura 6.4 Producto final

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- ✓ Desde el punto de vista de ahorro energético, se seleccionó como mejor alternativa que el funcionamiento de la enfundadora de tierra para semillero sea totalmente manual, en vista que la máquina trabajara en lugares donde no se dispone de energía eléctrica y el número de revoluciones que se requiere es mínimo.
- ✓ Para el sistema de apertura fue necesario la utilización de un sistema mecánico que permita convertir movimiento **giratorio** del eje principal, en un movimiento lineal

alternativo por parte del marco móvil, razón por la cual la mejor alternativa de diseño seleccionada fue el mecanismo biela-manivela.

- ✓ Como seguro de retención de las fundas plásticas para el sistema de apertura, se diseñó un trinquete que básicamente está formado por una rueda dentada y una uñeta que se accionada por un mecanismo de resorte previamente seleccionado.
- ✓ En el eje principal de la máquina se colocaron cuatro sistemas de apertura de las fundas plásticas, ubicándolos cada uno de ellos a 90°, y que ésta alternativa proporciona comodidad para la colocación de las fundas, como también hace que el rendimiento de la maquina sea mayor.
- ✓ Para el sistema de Apisonado se seleccionó un mecanismo que básicamente consta de cuatro eslabones ubicados de dos en dos a los extremos de un eje que tiene como función principal guiar su movimiento, también fue necesario la utilización de resortes helicoidales de torsión con los mismos que se logra disminuir los esfuerzos de trabajo por parte del operador, ya que la energía acumulada en las espiras arrollas se expande en dirección contraria a la gravedad.

7.2 Recomendaciones

- ✓ Antes de poner en funcionamiento la enfundadora se debe verificar que no exista ningún elemento extraño en la misma que pueda provocar su mal funcionamiento.
- ✓ Verificar que el seguro de la mesa este en la posición correcta de acuerdo al tamaño de la funda.
- ✓ Se recomienda lubricar cuatro veces al año los rodamientos de las chumaceras.
- ✓ Una vez finalizada la jornada de trabajo realizar la respectiva limpieza de la Enfundadora verificando que no quede residuo alguno en la misma, porque pueden dañar los rodamientos de la guía de apertura de las fundas.

- ✓ Se recomienda que los rodamientos y resortes sean chequeados en base al los tiempos sugeridos en el capítulo de mantenimiento, para su buena funcionalidad y conservación durante los periodos de trabajo.
- ✓ Con el cálculo, diseño y construcción de ésta máquina se recomienda implementar proyectos de conservación del medio ambiente, para lo cual nuestro aporte viene a resultar una ayuda a las empresas que se dedican a la producción de viveros forestales, los mismos que son un aporte fundamental con la salud del hombre y de todo lo que tiene vida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BEER, Johnstón. Mecánica Vectorial para Ingenieros. 6ta edición. México: McGraw-Hill, 1999. pp. 211-217.
- [6] SHIGLEY, Joshep E. Diseño de Elementos de Máquinas. 3ra.ed. México: McGraw – Hill, 1985. pp. 496-501.
- [3] FAG. Catálogo General de Selección de Rodamientos y Chumaceras.
- [4] SHIGLEY, Joshep E. Diseño de Elementos de Máquinas. 3ra.ed. México: McGraw – Hill, 1985. pp. 468-475.
- [5] QUIROZ T, Luis G. Análisis y Diseño de Estructuras con SAP2000- versión 12. Lima – Perú: Macro E.I.R.L., 2009.
- [6] SHAUM, Daniel. Física General. 1ra.ed. México: McGraw – Hill, 1994. pp. 90-91.
- [7] SHIGLEY, Joshep E. Diseño de Elementos de Máquinas. 3ra.ed. México: McGraw – Hill, 1985. pp. 330-335.
- [8] SKF. Catálogo General de Selección de Rodamientos y Chumaceras.
- [9] NOVILLO, G. Apuntes de Diseño II (Documento).
- [10] SHIGLEY, Joshep E. Diseño de Elementos de Máquinas. 3ra.ed. México: McGraw – Hill, 1985. pp. 42-44.

BIBLIOGRAFÍA

BEER, Johnstón. Mecánica Vectorial para Ingenieros Estática. 6va.ed. México: McGraw-Hill, 1999.
FAG. Catálogo General de Selección de Rodamientos y Chumaceras.
HAMROCK, Bernard J. Elementos de Máquinas. 2da.ed. México: McGraw-Hill, 2000.
PANCHI, N, Cesar. E. Física Vectorial Elemental. 8va.ed. Ecuador. Rodin. 1999.
PAREDES, José. Texto Básico Física 1. Riobamba: Edicentro. 2003.
QUIROZ T, Luis G. Análisis y Diseño de Estructuras con SAP2000- versión 12. Lima – Perú: Macro E.I.R.L., 2009.
SHIGLEY, Joshep E. Diseño de Elementos de Máquinas. 3ra.ed. México: McGraw – Hill, 1985.
SHAUM, Daniel. Física General. 1ra.ed. México: McGraw – Hill, 1994.
DIPAC, Productos de acero. Perfiles estructurales PBX: (02) 2293 750 / Quito – Ecuador
SKF, Chumaceras. Soportes / rodamientos – China
NOVILLO, G. Apuntes de Diseño II (Documento).

LINKOGRAFÍA

VIVEROS FORESTALES

Recepción y almacenamiento

- http://www.construmatica.com/construpedia/Materias_Primas._Recepci%C3%B3n_y_Almacenamiento
- <http://ornaforestales.blogspot.com/>

Sustrato –preparación

- http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada
- http://www.gallinaza.com/composta_gallinaza_abono_organico.php
- http://www.fastonline.org/CD3WD_40/HLTHES/PC/M0035S/ES

Esquemas y flujogramas y proceso

- <http://www.scribd.com/doc/33518496/Pasos-Para-Hacer-Un-Vivero>
- <http://ornaforestales.blogspot.com/>

MECANISMOS PARA DISEÑO MECÁNICO

- http://www.gig.etsii.upm.es/gigcom/modelos_vet/elementos_maq/elementos_maq.htm
- <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/animaciones.htm>
- <http://www.freezeray.com/technology.htm>
- <http://www.xtec.es/~rjosa/flash/transm/transm.swf>
- <http://www.snr-bearings.com/group/es/es-es/index.cfm>